

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 10-269523

(43)Date of publication of application : 09.10.1998

(51)Int.Cl.

G11B 5/31  
G11B 5/39

(21)Application number : 09-077173

(22)Date of filing : 28.03.1997

(71)Applicant : HITACHI LTD

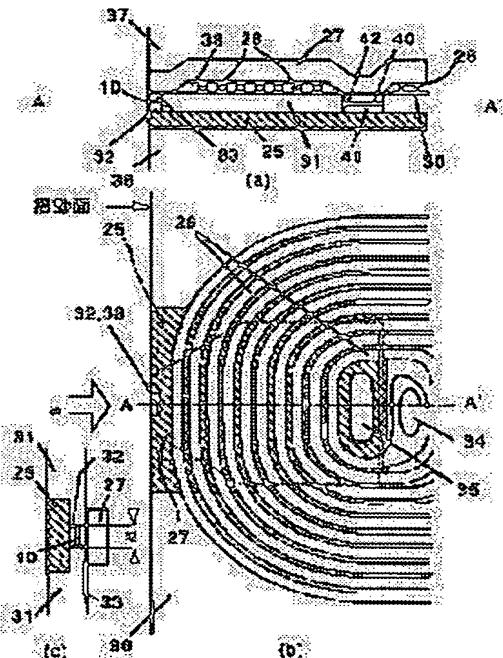
(72)Inventor : MARUYAMA YOJI  
HARA YOSHINORI  
FUKUI HIROSHI  
FUYAMA MORIYAKI  
KOMURO MATAHIRO  
OKADA TOSHIHIRO  
TAKANO KOJI

## (54) MAGNETIC HEAD AND MAGNETIC RECORDER USING IT

## (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a magnetic head provided with a narrow track and driven by a high frequency wave and to provide an ultra high density recorder using this magnetic head.

**SOLUTION:** This magnetic head is provided with a coil 26 conductor held between a first magnetic film pattern 25 and a fourth magnetic film pattern 27, a second magnetic film pattern 32 magnetically connected to this first magnetic film pattern 25, a third magnetic film pattern 33 magnetically connected to this fourth magnetic film pattern 27 and a magnetic gap 10 held between these second magnetic film pattern 32 and third magnetic film pattern 33. In such a case, this magnetic head is made the magnetic head where an insulative and non-magnetic single film being in contact with the second magnetic film pattern 32 and the third magnetic film pattern 33 covers at least the first magnetic film pattern 25. Thus, the magnetic head provided with the narrow track (1  $\mu$ m or below) and driven by the high frequency wave (150 MHz) is obtained, and ultra high density recording of a 10 Gb/in<sup>2</sup> class becomes possible by the magnetic recorder using it.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 03.10.2001

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## CLAIMS

## [Claim(s)]

[Claim 1] the coil inserted between the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern -- with a conductor this -- with the 2nd magnetic-substance pattern magnetically combined to the 1st magnetic film pattern in the magnetic head which has the magnetic gap inserted between the 2nd magnetic film pattern and the 3rd magnetic film pattern this -- the 3rd magnetic-substance pattern magnetically combined to the 4th magnetic film pattern -- this -- The magnetic head characterized by the insulating and nonmagnetic simple gland which touches the magnetic film pattern of the above 2nd and the 3rd magnetic film pattern having covered the 1st magnetic film pattern at least.

[Claim 2] The magnetic head according to claim 1 characterized by being the film with which simple gland insulating [ above-mentioned ] and nonmagnetic contains the alumina film or a diamond particle.

[Claim 3] the film of the insulation [ top / nonmagnetic and insulating / which touches the magnetic film pattern of the above 2nd, and the 3rd magnetic film pattern / simple gland ] in nonmagnetic [ 2nd ] -- a laminating -- carrying out -- the inside of the film insulating by this 2nd nonmagnetic one -- a coil -- the magnetic head according to claim 1 characterized by preparing a conductor.

[Claim 4] The magnetic head according to claim 1 characterized by preparing the magnetic pole section which writes in from the laminated structure of the magnetic film pattern of the above 2nd, and the 3rd magnetic film pattern, and specifies the width of recording track, and the back-contact section which combines magnetically the magnetic film pattern of the above 1st, and the 4th magnetic film pattern.

[Claim 5] the outside of the existence region of the magnetic film pattern of the above 2nd, and the 3rd magnetic film pattern -- a coil -- the magnetic head according to claim 1 characterized by arranging a conductor.

[Claim 6] The magnetic head according to claim 1 characterized by having set to 1.0 micrometers or less width of face of the magnetic film pattern of the above 3rd exposed to a sliding surface, and setting thickness to 1.0 micrometers or less.

[Claim 7] The magnetic head according to claim 1 to which the volume of the magnetic film pattern of the above 3rd is characterized by being  $10^4$  or less [ of the volume of the magnetic film pattern of the above 1st, and the 4th magnetic film pattern ].

[Claim 8] The magnetic head according to claim 7 to which specific resistance of the magnetic film pattern of the above 1st and the 4th magnetic film pattern is characterized by being higher than the specific resistance of the magnetic film pattern of the above 3rd [claim 9] The magnetic head according to claim 1 to which area of the magnetic film pattern of the above 2nd exposed to a head floatation side and the 3rd magnetic film pattern is characterized by the large thing compared with the area of the above 1st and the 4th magnetic film pattern which are similarly exposed in the magnetic head which consists of the magnetic film pattern of the above 1st, a magnetic film pattern of the above 2nd, a magnetic film pattern of the above 3rd, and a magnetic film pattern of the above 4th.

[Claim 10] The magnetic head according to claim 1 characterized by satisfying  $0.8 < Bs1xt/Bs2xDg < 1.5$  when saturation magnetic flux density of the magnetic film pattern of the above 4th is set to Bs1 (T), thickness is set to t (micrometer) and the lap length of the floatation direction of Bs2 (T), the magnetic film pattern of the above 3rd, and the magnetic film pattern of the above 4th is set to Dg (micrometer) for the saturation magnetic flux density of the magnetic film pattern of the above 3rd.

[Claim 11] the coil inserted between the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern --

with a conductor this -- with the 2nd magnetic-substance pattern magnetically combined to the 1st magnetic film pattern in the magnetic head which has the magnetic gap inserted between the 2nd magnetic film pattern and the 3rd magnetic film pattern this -- the 3rd magnetic-substance pattern magnetically combined to the 4th magnetic film pattern -- this -- The magnetic head according to claim 10 characterized by the magnetic film pattern of the above 2nd being the same ingredient as the magnetic film pattern of the above 1st.

[Claim 12] The magnetic head according to claim 10 characterized by forming the magnetic film pattern of the above 2nd by etching some magnetic film patterns of the above 1st into a mask in the magnetic film pattern of the above 3rd.

[Claim 13] The magnetic head according to claim 10 to which saturation magnetic flux density of the magnetic film pattern of the above 3rd is characterized by the high thing compared with the saturation magnetic flux density of the magnetic film pattern of the above 2nd.

[Claim 14] The magnetic head according to claim 13 characterized by locating the magnetic film pattern of the above 3rd in runoff one end to the hand of cut of a medium to the magnetic film pattern of the above 2nd.

[Claim 15] The magnetic recording medium characterized by using the magnetic head according to claim 1 with which are satisfied of  $\rho / (\text{micro} \Omega \text{ cm}^2) > 0.0064$  when relative permeability [ in / for the specific resistance of the ingredient which constitutes the magnetic film pattern of the above 1st and the 4th magnetic film pattern /  $\rho$  (muomega-cm) and 5MHz ] is set to mu and thickness is set to t (micrometer).

[Claim 16] The magnetic recording medium according to claim 15 characterized by for the magnetic film pattern of the above 1st and the 4th magnetic film pattern being the multilayer which carried out the laminating of a magnetic film and the nonmagnetic membrane, or the amorphous alloy film of the high electric resistance of 50 or more micromegacm of specific resistance, and being the alloy film with which the magnetic film pattern of the above 3rd uses Co-nickel-Fe of 20 or less micromegacm of specific resistance as a principal component.

[Claim 17] The magnetic recording medium according to claim 15 characterized by driving by 150MHz or more of drive frequencies.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DETAILED DESCRIPTION

---

### [Detailed Description of the Invention]

#### [0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the magnetic recording medium using the suitable magnetic head and this suitable, when starting the magnetic head used for a computer, an information processor, etc., especially realizing high density record.

#### [0002]

[Description of the Prior Art] Semiconductor memory and magnetic-substance memory are mainly used for the storage (record) equipment of information machines and equipment. Semiconductor memory is used for internal storage from a viewpoint of the access time, and magnetic-substance memory is used for an onboard recorder from a viewpoint of large capacity and a non-volatile. The mainstream of magnetic-substance memory is in a magnetic disk and a magnetic tape today. As for the record medium used for these, the magnetic thin film is formed on aluminum substrate or the tape made of resin, in order to write magnetic information in this record medium -- electromagnetism -- the function part which has a conversion operation is used. Moreover, in order to reproduce magnetic information, the function part using a magnetic-reluctance phenomenon, a huge magnetic-reluctance phenomenon, or an electromagnetic-induction phenomenon is used. These function parts are prepared in the components for I/O called the magnetic head.

[0003] The magnetic head and a medium move relatively, magnetic information is written in the location of the arbitration on a medium, and it has the function which reproduces magnetic information electrically as occasion demands. When a magnetic disk drive is stated to an example, the magnetic head consists of the write-in section 21 of magnetic information, and the playback section 22 to read, as shown in drawing 2 (a). The write-in section consists of a package (refer to drawing showing the cross-section structure of drawing (a) (b)), and magnetic poles 27 and 25 combined magnetically up and down in a coil 26 and this. The playback section 22 is constituted from an electrode 29 for detecting a sink and resistance change by the magneto-resistive effect component section 23 and this component section in constant current. Between the section write-in [these] and the playback section, the lower magnetic pole 25 exists and it serves as the function which shields an unnecessary field at the time of playback. Moreover, the same function is prepared in the shielding layer 28. Moreover, these function parts are formed through the substrate layer 24 on the magnetic-head body 62.

[0004] the example of drawing 2 (a) -- record -- electromagnetism -- although a magneto-resistive effect is used for a conversion operation and playback, playback of magnetic information is possible also by detecting the electromagnetic-induction current guided to the coil prepared in the write-in section. In this case, record and playback can be performed by one function part.

[0005] The engine performance of storage has indispensable shortening and large-capacity-izing of the access time, in order to be decided by the speed and storage capacity at the time of input/output operation and to heighten product competitive strength. Moreover, the miniaturization of the demand of small-and-light-izing of information machines and equipment to storage is becoming important in recent years. In order to satisfy these demands, the magnetic storage which writes in much magnetic information and can be reproduced needs to be developed in a single record medium.

[0006] In order to satisfy this demand, it is necessary to raise the recording density of equipment. In order to realize high density record, it is necessary to make detailed magnitude of a magnetic domain to write in.

It is realizable by raising the frequency of the write-in current which was shown in drawing 2 (a) and which writes in, and narrows width of face of a magnetic pole 27, and is passed in a coil 26 to this.

[0007]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] According to the above-mentioned conventional technique, by narrowing magnetic pole width of face to 2.5 micrometers, and raising a frequency to about 90MHz, it realizes and the thing of the recording density of the 2nd class of 2 Gb/in can be carried out. However, it became clear that the problem it is described below that promotes the further densification arises, and a limitation is generated in densification.

[0008] The 1st problem is related with the width of face of a magnetic pole. In the magnetic head used for the magnetic disk, a thick magnetic pole 2 micrometers or more is used from the need of generating the strong field exceeding the coercive force of a record medium. This thickness cannot be made thin even if it narrows magnetic pole width of face. For this reason, the rate of thickness cannot but serve as a high pattern (high pattern of an aspect ratio) to width of face, so that magnetic pole width of face is narrowed.

[0009] Generally, manufacture is difficult for such a pattern and it causes cost lifting. A means to solve this problem is opened to JP,7-296328,A.

[0010] The notch structure is used for this method in order to narrow the width of recording track. The notch structure is understood that it will have exposed if the magnetic head is seen from a sliding-surface side as shown in drawing 11 . \*\* truck-ization is realized by forming the magnetic poles 32 and 33 with narrow width of face by the electrolysis galvanizing method in this notch structure 52.

[0011] Moreover, magnetic flux can be guided to a magnetic pole head by the broad magnetic poles 25 and 27 which sandwiched this magnetic pole.

[0012] The above-mentioned notch structure is formed from oxidation silicon etc., and anisotropic etching is possible for it. For this reason, there is the advantage whose pattern formation by the resist pattern of the thin film excellent in definition becomes possible.

[0013] However, even if it produced the magnetic head of the above-mentioned structure by this approach, the limitation was generated in recording density. The generating field became low and it became impossible to write in the magnetic information on high density, so that the frequency of the current passed in a coil was specifically raised.

[0014] The problem resulting from this RF property did not have a publication in the above-mentioned official report, and it became clear as a result of producing the magnetic head actually.

[0015] Moreover, with the above-mentioned structure, it turned out that a field arises also from the broad magnetic poles 27 and 25 (magnetic pole exposed toward a medium side) which sandwich a magnetic pole with narrow width of face, and unnecessary writing arises in a medium side by this field. Since it was large compared with magnetic poles 32 and 33 (width of recording track to record actually), when this phenomenon arose, information disappeared in the large range and it became impossible for the pattern width of face of these magnetic poles 27 and 25 to achieve the function as a recording device.

[0016] It was thought that the problem which eliminates this adjoining truck information could prevent a write-in current in advance by setting it as the predetermined range beforehand. However, as a result of applying to a recording device actually, the heterogeneity of the temperature rise in a case and the magnetic properties of a medium showed that a cure could not be done only by control of a write-in current.

[0017] Moreover, the ingredient which constitutes the notch structure has the fault restricted to the ingredient of an oxidation silicon system in order to think micro-processing nature as important. This constraint is because it is necessary to be the ingredient which can perform anisotropic etching which used oxygen, a Freon gas, etc..

[0018] This notch structure is exposed to the floatation side (magnetic-head sliding surface) of a slider through a protective coat so that it may be indicated by the above-mentioned official report. Compared with the alumina film used for the conventional magnetic head, mechanical reinforcement is inferior in oxidation silicon, and it has the fault into which moisture etc. tends to invade. Moreover, although there is such a fault, it is necessary to carry out a laminating on structure more thickly than the conventional record gap length.

[0019] Although it will be satisfactory if protective coat thickness is thick enough, in the magnetic head for high density in recent years, protective coat thickness is set as 15nm or less from the object which shortens distance from a medium side. The mechanical lack of on the strength of the notch structure is

unsuppliable with such a thin film. That is, when the unexpected contact to the magnetic head and a record medium arises, the notch structure section and the record actuation made into the object becomes impossible. It becomes impossible moreover, to prevent trespass of moisture etc. It became clear, as a result of there being no publication in the above-mentioned official report and manufacturing a recording device actually also about the problem concerning these dependability.

[0020] Moreover, as the magnetic-head structure using the above-mentioned notch structure is shown in drawing 11 (cross-section structure shown in the left), the coil 26 is formed on the insulator layer 53. Since it is thin compared with the thickness of the notch structure 52, the thickness of this insulator layer 53 is formed apart from the notch structure. In case this process is performed, men of the same trade are understood easily that it is necessary not leaving an insulating material on a magnetic pole 33, and to pay attention. Moreover, it is also clear that lifting of the manufacturing cost concerning this processing cannot be disregarded.

[0021] If it restricts to \*\* truck-ization, there is a method indicated by JP,7-262519,A. As this method is shown in drawing 12 , the 2nd magnetic film pattern 32 exists on the 1st magnetic film pattern 25, and a magnetic gap 10 is located between the 4th magnetic film pattern 27. This structure can form the 4th magnetic film pattern 27 by etching a part of 1st magnetic film pattern 25 into a mask.

[0022] In order for this method to realize \*\* truck-ization, it is required to narrow the width of face of the 4th magnetic film pattern 27. Therefore, the electrolysis galvanizing method must be applied to the formation.

[0023] However, the magnetic pole which can be formed by the electrolysis galvanizing method needs to be right conductivity, and cannot apply the ingredient of high electric resistance. Moreover, by this method, since the 3rd magnetic film pattern does not exist, it is necessary to make area of the 4th magnetic film pattern large. For this reason, the pattern of a large area will be formed by the electrolysis galvanizing method. For this reason, since it mentioned later, it turned out that it is not suitable for RF actuation.

[0024] As mentioned above, the problem concerning densification, the formation of a \*\* truck, a raise in reliance, and low cost-ization was not able to satisfy all from the technique currently indicated by the above-mentioned official report. For this reason, when realizing the magnetic recording medium of the high density made into the object by this invention, the problem arose.

[0025] The object of this invention is by indicating the new structure of realizing the magnetic head of the RF actuation which has magnetic pole width of face of 1 micrometer or less to clarify possibility of the super-high density recording device of the 2nd class of 10 Gb/in.

[0026]

[Means for Solving the Problem] In order to solve the above-mentioned technical problem, the means expressed below was used in this invention.

[0027] It has a conductor. first, between the 1st magnetic-substance film pattern and the 4th magnetic-substance film pattern which are the conventional technique -- a coil -- It has the 3rd magnetic-substance pattern magnetically combined to the 2nd magnetic-substance pattern and the 4th magnetic film pattern which were magnetically combined to the 1st magnetic film pattern. For and the object which lowers especially a manufacturing cost in the structure of reconciling the RF property and the formation of a \*\* truck which are later mentioned on the basis of the magnetic head which has a magnetic gap, between the magnetic film pattern of these 2nd, and the 3rd magnetic film pattern It changed into the structure where the insulating and nonmagnetic film exposed to a sliding surface includes the 1st magnetic film pattern at least.

[0028] Moreover, a part of 3rd magnetic film pattern was exposed to the above-mentioned nonmagnetic one and an insulating film surface, and the 3rd magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern were magnetically combined in this exposed surface in order to satisfy the basic function of the magnetic head in the above-mentioned structure.

[0029] moreover, the 2nd magnetic film pattern which forms a magnetic gap in order to lower a magnetic-head manufacturing cost and the 3rd magnetic film pattern -- at least -- the methods of three -- the nonmagnetic and insulating film -- surrounding -- an insulating this nonmagnetic and film front-face top -- nonmagnetic [ 2nd ] and the insulating film -- a laminating -- carrying out -- the inside of this 2nd nonmagnetic one and the insulating film -- a coil -- it was made the structure of preparing a conductor.

[0030] Moreover, the magnetic pole section which makes equal the two-dimensional configurations of the magnetic film pattern of the above 2nd and the 3rd magnetic film pattern, writes in from the laminated

structure of the magnetic film pattern of these 2nd and the 3rd magnetic film pattern in order to lower a manufacturing cost, and specifies the width of recording track, and the back-contact section which combines magnetically the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern were constituted. [0031] moreover, the object which raises a RF property -- the outside of the existence region of the 2nd magnetic film pattern and the 3rd magnetic film pattern -- a coil -- the conductor has been arranged. [0032] Moreover, the specific resistance of the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern was set up more highly than the specific resistance of the 3rd magnetic film pattern in order to raise a RF property. [0033] Moreover, the volume of the magnetic film pattern of the above 3rd was set as less than [ of the volume of the 1st and 4th magnetic film patterns / 10E-4 ] in order to raise a RF property. [0034] Moreover, it is related with the saturation magnetic flux density Bs1 of the 4th magnetic film pattern, Thickness t, the saturation magnetic flux density Bs2 of the 3rd magnetic film pattern, and the lap length Dg of the floatation direction of the 3rd magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern, and is  $0.8 < Bs1xt/Bs2xDg < 1.5$  in order to generate improvement in a RF property, and the write-in field of need reinforcement. It was made satisfied. [0035] Moreover, the unnecessary write-in phenomenon to an adjoining truck was reduced, and the area of the 2nd magnetic film pattern exposed to a head floatation side and the 3rd magnetic film pattern made it large compared with the area of the 1st and 4th magnetic film patterns similarly exposed in order to realize high density record. Moreover, when relative permeability [ in / for the specific resistance of the ingredient which constitutes the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern / rho (muomega-cm) and 5MHz ] was set to mu in order to raise a RF property, and thickness was set to t (micrometer), rho/ (microxt 2)  $> 0.0064$  were satisfied. The magnetic head to which this condition is satisfied was manufactured, and the magnetic recording medium was assembled using this magnetic head. [0036] Moreover, actuation of the magnetic recording medium in this drive frequency was enabled in inputting the control signal of 150MHz or more of drive frequencies into the magnetic recording medium which carried this magnetic head which has improved frequency characteristics. [0037] Moreover, in order to realize high density record, width of face of the 3rd magnetic film pattern exposed to a sliding surface was set to 1.0 micrometers or less, and the thickness was set to 1.0 micrometers or less in order to satisfy frequency characteristics and need write-in magnetic field strength. While manufacturing this magnetic head, the magnetic recording medium which carried this magnetic head was assembled. [0038] Moreover, the film which contains the alumina film or a diamond particle for the 1st insulation and nonmagnetic membrane which are indicated above in order to satisfy the dependability of a recording device and a life consisted of film used as a principal component. [0039] Moreover, the 1st magnetic-substance film pattern and the 4th magnetic-substance film pattern consisted of a multilayer which carried out the laminating of a magnetic film and the nonmagnetic membrane, or amorphous alloy film of the high electric resistance of 50 or more micromegacm of specific resistance for the purpose of coexistence of a RF property and need write-in magnetic field strength. Moreover, the 3rd magnetic film pattern consisted of alloy film which uses Co-nickel-Fe of 20 or less micromegacm of specific resistance as a principal component. Moreover, the magnetic recording medium of a high speed and high density was realized by carrying the magnetic head which has this structure in a recording device. [0040] Moreover, the 2nd magnetic film pattern and the 1st magnetic film pattern consisted of same ingredients for the purpose of the improvement of manufacturing-cost reduction and frequency characteristics. By carrying this magnetic head in a magnetic recording medium, the high-speed magnetic recording medium was manufactured cheaply. [0041] Moreover, in order to realize reduction of a manufacturing cost, and coexistence of need write-in magnetic field strength, saturation magnetic flux density of the 3rd magnetic film pattern was made high compared with the saturation magnetic flux density of the 2nd magnetic film pattern. The conditions which the 3rd magnetic film pattern locates in runoff one end along the hand of cut of a medium to the 2nd magnetic film pattern are required for this configuration. [0042] [Embodiment of the Invention] The example of the magnetic head which applied this invention using drawing 1 is described. Drawing 1 (a) is cross-section structural drawing corresponding to drawing 2 (b)

shown previously.

[0043] The 1st magnetic film pattern stated by this invention corresponds to the lower core 25 shown in drawing. Moreover, the 4th magnetic film pattern corresponds to the up core 27. A coil 26 exists between the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern. The coil 26 is formed from the conductive ingredient which uses Cu, Au, aluminum, Ta, Mo, etc. with a thickness of 2 micrometers as a principal component. It fills up with the insulating material 38 in order to hold the electric insulation with a coil 26 and a core 27.

[0044] Moreover, between the lower cores 25 used as the up core 27 and the 1st magnetic film pattern used as the 4th magnetic film pattern, the 2nd magnetic film pattern 32 and the 3rd magnetic film pattern 33 are inserted, and the magnetic gap (or record gap) 10 is formed of these members. The configuration so far is equivalent to the magnetic head by the conventional technique.

[0045] The notch structure indicated by the conventional technique does not exist in this invention. Instead, in this invention, the nonmagnetic membrane 31 which consists of single structure in contact with the 2nd magnetic film pattern 32 and the 3rd magnetic film pattern 33 was formed. this nonmagnetic membrane 31 -- at least -- the 1st magnetic film pattern -- the whole region is covered mostly.

[0046] Moreover, the coil 26 was formed in the insulating material 38 which carried out the laminating on nonmagnetic and the insulating film 31.

[0047] Moreover, the magnetic-path material 41 and 42 and the magnetic gap 40 are formed between the up core 27 and the lower core 25. This structure is suitable when applying film of a high degree of hardness, such as alumina film, to the insulating and nonmagnetic film 31, and it has the advantage which lowers a manufacturing cost.

[0048] That is, although the alumina film forms membranes by a spatter etc., in case it forms membranes, the laminating of it is carried out also on the 3rd magnetic film pattern. In order to attain the basic function of the magnetic head, it cannot be overemphasized that it is necessary to remove the alumina film from on the 3rd magnetic film pattern selectively. However, the alumina film has a problem because of a high degree of hardness. By introducing the structure of this invention, it can carry out by the cheap approach of mentioning this processing later.

[0049] Moreover, lifting of a manufacturing cost can be prevented by forming said division material (40, 41, 42) simultaneously with the 2nd magnetic film pattern 32 and the 3rd magnetic film pattern 33.

[0050] In addition, the electrode for 37 shown in drawing protecting a magnetic-head function part, writing an insulating layer with electric 38 and 30 in a coil (protective coat), and passing a current and 36 are magnetic head bodies (slider).

[0051] This drawing (b) is drawing which looked at the magnetic head from the up core side corresponding to the 4th magnetic film pattern. Signs that the coil 26 is rolled spirally are known. This coil 26 is combined with the electrode 30 (drawing (a)) in the contact hole 34. here -- the outside of the existence region of the 2nd magnetic film pattern 32 and the 3rd magnetic film pattern 33 -- a coil -- the conductor 26 is arranged. This is a thing to raise a RF property. Moreover, the up core 27 and the lower core 25 are combined in the magnetic contact hole 35. This magnetic contact hole 35 has composition including the magnetic-path material 41 and 42 shown previously.

[0052] The 2nd magnetic film pattern 32 and the 3rd magnetic film pattern 33 which are the description of this magnetic head are located at the head (edge close to a record medium) of the 4th magnetic film pattern 27 and the 1st magnetic film pattern 25, and have structure (a sliding-surface protective coat is minded strictly in many cases) which a part exposes to a sliding surface. If the structure of said division material is seen from alpha, it will become as it is shown in drawing (c). That is, the 2nd magnetic film pattern 32 with narrow width of face and the 3rd magnetic film pattern 33 are put between the 4th magnetic film pattern 27 and the 1st magnetic film pattern 25.

[0053] The magnetic film pattern 32 of these 2nd is used as the 1st magnetic film pattern 25, and the 3rd magnetic film pattern 33 is magnetically combined with the 4th magnetic film pattern 27, respectively (condition of magnetic-path resistance smallness). Moreover, it is surrounded by the 2nd magnetic film pattern 32 and the 3rd magnetic film pattern 33, and the magnetic gap is formed. At this example, although magnetic gap length was set to 0.3 micrometers, it cannot be overemphasized that this invention is applicable to other conditions. Nonmagnetic membranes, such as Cu film, alumina film, and oxidation silicon, can be used for this magnetic gap.

[0054] Moreover, the insulating nonmagnetic membrane 31 which is single structure film as shown in

drawing serves as structure exposed to a sliding surface. Here, a mechanical strength can be raised by using the insulating nonmagnetic membrane 31 as the alumina film and the film which contains a diamond few. Thereby, the magnetic head of high reliance is realizable.

[0055] Moreover, in order to realize high density record, width of face of the 3rd magnetic film pattern exposed to a sliding surface was set to 1.0 micrometers or less, and the thickness was set to 1.0 micrometers or less in order to satisfy frequency characteristics and write-in magnetic field strength.

[0056] This is the effectiveness which has applied the electrolysis galvanizing method to formation of the 3rd magnetic film pattern. Moreover, the magnetic head in which RF actuation is also possible is realizable with constituting a magnetic pole from conditions mentioned later.

[0057] In this invention, the electric resistance of both the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern was set up more highly (resistivity; about 50 or more micromegacm and a reason, it mentions later). Specifically, the pattern was formed from the CoTaZr amorphous alloy film, Sendust, the CoZrNbTa amorphous alloy film, a multilayer, etc.

[0058] The spatter was used for membrane formation. Moreover, dry process, such as the lift-off method and the dry etching method, was used for pattern processing. The pattern formation by the electrolysis galvanizing method excellent in micro-processing nature is difficult for the high film of these specific resistance. Therefore, application to the magnetic pole material which narrowed magnetic pole width of face was conventionally considered to be difficult.

[0059] Since this ingredient will be applied only to a part with a large pattern area (pattern width of face) if it depends on this structure, the pattern formation by dry process becomes possible. Moreover, since these magnetic film pattern had a large area, even if it did not dare have chosen the high ingredient of saturation magnetic flux density, the field which is needed for writing was able to be guided to the magnetic pole point (sliding-surface side).

[0060] The ingredient beyond saturation-magnetic-flux-density 1.5T was used for the 3rd magnetic film pattern located in runoff one end (trailing side) to the 2nd magnetic film pattern. This is for affecting the quality (an exaggerated light property, flux reversal die length, etc.) of the magnetic-domain information by which the field from runoff one end is recorded on a medium. The function to generate sufficient record field simply becomes important. From the high ingredient of saturation magnetic flux density, it is known well that sufficient record field will occur.

[0061] Specifically, CoNiFe, NiFe, Fe alloy film or pure iron, nitriding iron, etc. were used for the 3rd magnetic film pattern. Moreover, the electric resistance of these film chose the low thing compared with the 1st above-mentioned magnetic film pattern or the 4th magnetic film pattern by 50 or less micromegacm in general. This is selection for making possible pattern formation by the electrolysis galvanizing method in order to realize high density record.

[0062] The high resistance film has the property which cannot conduct the electrical and electric equipment easily as the name suggests. For this reason, partial loading tends to happen at the time of electrolysis plating, and the good film cannot be grown up. Furthermore, the film containing the insulating matter etc. cannot be grown up by the galvanizing method. The ingredient of the low electric resistance which does not contain the insulating matter as 3rd magnetic film pattern, and high saturation magnetic flux density was chosen from the above reason.

[0063] Next, the reason for having set resistivity of the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern to 50 or more micromegacm is explained. Drawing 5 is the result of measuring the frequency characteristics of the magnetic head which changed and produced the specific resistance of the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern. The electron ray tomography method was used for this measurement. Here, the relative permeability  $\mu_r$  of a magnetic film pattern was fixed to abbreviation 1000. Each thickness was fixed to 2.8 micrometers. Moreover, the lap (Dg shown in drawing 7) of the 4th magnetic film pattern and the 3rd magnetic film pattern was set to 2 micrometers.

[0064] Drawing shows that a generating (it reveals) field falls to 50% or less compared with the result (equal to a magnetostatic result in general) of 10MHz of drive frequencies in 90MHz of drive frequencies, when the ingredient (common NiFe ingredient) of specific resistance 16micromegacm is used. With the ingredient of 60 or more micromegacm of specific resistance, there is little reduction of a generating field and it turns out that the field strong to about 200MHz in general has occurred.

[0065] In a magnetic disk drive, high-speed writing is demanded, and in order to satisfy this demand, the magnetic head which generates the write-in field of a RF is needed. The ingredient of high specific

resistance was used for the 1st and 4th magnetic film patterns from this reason.

[0066] Drawing 6 is for estimating the resistivity of the core part (it corresponds to the 1st and 4th magnetic film pattern stated by this invention) which is needed for RF actuation. The axis of ordinate of drawing shows the upper limit of the frequency from which 65% of generating field is acquired to the generating field at the time of low frequency actuation of about 1MHz (it can read in drawing 5). 65% of generating field is the lower limit of the need [ that steady writing is performed ] field, and is a value acquired from the experience of equipment manufacture.

[0067] Drawing shows that 150MHz actuation is attained by raising the specific resistance of a core part to 50micromegacm.

[0068] Although the value of this specific resistance is realized about the case of the head conditions used for this examination, it can develop into a general value by the following logic.

[0069] IEEE Transaction ON MAGUNE tex No. 31 According to the (7) types (it indicates to a page 2654) indicated by the page 2656 (IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL.31, NO.6 p.2651-2626) from the page 2651 of a number 6, even if magnetic pole conditions change, it depends for the frequency characteristics of the magnetic head on a value  $fg$  ( $\rho$ ,  $\mu$ ,  $t$ ). Here,  $\rho$  is magnetic pole thickness and the resistivity of a magnetic pole ingredient and  $\mu$  are [ the relative permeability of a magnetic pole ingredient, and  $t$  ]  $fg = \rho / (\text{micro}xt^2)$ . -- There is relation of (1). When the above-mentioned head conditions (magnetic pole conditions) whose 150MHz actuation is attained are substituted for this formula, it is  $fg' = 50 / (1000 \times 2.82) \approx 0.0064$ . -- It is set to (2). Therefore, the head conditions whose 150MHz actuation is attained even if the conditions of a magnetic film pattern change are  $\rho / (\text{micro}xt^2) > 0.0064$ . -- It turns out that it is necessary to satisfy (3). This formula shows that the ingredient of  $\rho < 50\text{micromegacm}$  is also applicable, when the magnetic pole of  $t$  smallness is used.

[0070] This formula is the thing of the conditions that the thickness of an up core and the thickness of a lower core are equal. However, when a difference is in thickness, it is checking that the above-mentioned formula is materialized by using the thickness of the thicker one. Thus, this formula becomes possible [ applying to all the magnetic heads that take the configuration of this invention ].

[0071] Moreover, it can ask from the result shown in drawing 6 also about the RF actuation conditions exceeding 150MHz. That is, the value of  $\rho$  which can generate 65% or more of field to a static magnetic field can be read in drawing, it can ask for  $fg'$  by assigning this value to (2) types, and the magnetic film conditions ( $\rho$ ,  $\mu$ ,  $t$ ) with which are satisfied of (3) types can be acquired from this value.

[0072] Unless especially thickness is made thin, 150MHz actuation is realized by using the ingredient of 50 or more micromegacm of resistivity. As for the ingredient of 50 or more micromegacm of resistivity, development is performed until now. However, the magnetic disk drive using this ingredient is not realized. This reason is because RF actuation is advanced with the densification of equipment.

[0073] That is, the access time will increase only by data making it serial, although densification progresses in the sliding direction (circumferencial direction) by improvement in drive frequency (it becomes reel memory-like). For this reason, trouble arises to the random access nature which is the description of a magnetic disk. For this reason, the densification to the truck cross direction by narrowing magnetic pole width of face with the sliding direction is also needed for densification.

[0074] Specific resistance is high, the film which can carry out pattern formation by the electrolysis galvanizing method has a high magnetostriction constant, and in case a detailed pattern is formed, mask material has the fault which a crack tends to produce. Furthermore, the multilayer film with which specific resistance sandwiched high amorphous \*\*\*\*\* etc. has the fault which cannot perform pattern formation by the electrolysis galvanizing method. For this reason, there is a fault which cannot realize narrow magnetic pole width of face. For this reason, it cannot act as Kioritz of RF-izing and the densification. The magnetic disk drive which applied this magnetic head to the magnetic-head list of 150MHz actuation which used the ingredient of high electric resistance from this reason is not realized.

[0075] The magnetic disk drive which used this magnetic head for the magnetic-head list driven on the frequency of 150MHz or more for the first time is realizable by applying the conditions which are especially satisfied with this invention of a \*\*\*\*\* (3) type in basic magnetic-head structure at the ingredient of the 1st and 4th magnetic film patterns, and structure. This knowledge is not indicated by the former but becomes clear for the first time with the result of drawing 6 at the drawing 5 list.

[0076] By the way, the result shown in drawing 5 did not influence the value of the specific resistance of the 3rd magnetic film pattern. This was the phenomenon which the volume of the 3rd magnetic film pattern

stated by this example restricted compared with the volume of the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern when small.

[0077] Although drawing 9 is the same frequency characteristics as drawing 5, it makes the parameter the ratio of the volume of the volume [ of the 3rd magnetic film pattern ], 1st, and 4th magnetic film patterns. Drawing shows that frequency characteristics deteriorate, so that a volume ratio approaches 1 (in a volume ratio 1, the condition that the pattern with equal thickness lapped simply is meant). Drawing 10 (the same indication as drawing 6 is given) summarized this result. Although the upper limit of the frequency to which a generating field becomes 65% or more from drawing 10 to a static magnetic field improves so that it makes a volume ratio small, it turns out that it is in a saturation inclination. And if the volume of the 3rd magnetic film pattern is set or less [ of the volume of the 1st and 4th magnetic film patterns ] to  $10^4$ , it turns out that existence of the 3rd magnetic film pattern can be disregarded in general. So, this invention prescribed the volume of the 3rd magnetic film pattern within the limits of this.

[0078] As 3rd magnetic film pattern, the ingredient conditions of others [ need / of generating the strong field for writing ] were also required. Drawing 8 asks for the relation between the saturation magnetic flux density  $B_s$  (it was presupposed that the same is said of the  $B_s$  of the 2nd magnetic film pattern here) of the 3rd magnetic film pattern, and generating magnetic field strength. The result of having changed  $B_s$  of the 1st and 4th magnetic film patterns as a parameter is shown. A result shows that a strong field occurs, so that  $B_s$  of the 3rd magnetic film pattern is raised. It is known that the high medium of coercive force generally fits high density record, and it is known that a medium with higher coercive force is [ a strong field ] needed for writing. From these, he can understand the need of choosing an ingredient high [  $B_s$  ] as the 3rd magnetic film pattern.

[0079] However, even if it raised  $B_s$  of the 3rd magnetic film pattern recklessly, the high writing of resolution was not realized. It turned out that this reason is for field inclination to deteriorate. The result of having asked drawing 8 for field inclination is doubled and shown. The range (experimental result; range where the exaggerated light property which is 30dB was acquired) of  $B_s$  whose high record of resolving power with high (0.9 or more values of standard) field inclination was completed from drawing When  $B_s$  of the 1st and 4th magnetic film patterns was 1T and  $B_s$  value of the 3rd magnetic film pattern was [  $B_s$  of the range / of 1T to 1.7T /, 1st, and 4th magnetic film patterns ] 1.3T, the range of  $B_s$  value of the 3rd magnetic film pattern was 1.2T to 2.3T.

[0080] Considering the magnetic path of the magnetic head, this range can be summarized to general relational expression. Setting the cross section of the magnetic head shown in drawing 7, magnetic flux flows to the 4th magnetic film pattern 27 from the 1st 2nd magnetic film pattern 32 and 3rd magnetic film pattern 33 from the magnetic film pattern 25. The amount of the hit by the unit length of the truck cross direction of magnetic flux which flows each magnetic path can be calculated in approximation from the product of the thickness  $t$  (magnetic pole thickness) and  $B_s$  of a magnetic path. Therefore, if  $B_s$  and  $t$  of the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern are equal, the magnetic flux proportional to  $B_s t$  both will flow. It is understood that that this magnetic flux flows altogether to the 2nd magnetic film pattern and the 3rd magnetic film pattern is the case that a product with the DEPPUSU length  $D_g$  (the lap die length of the 1st magnetic film pattern and the 2nd magnetic film pattern or the lap die length of the 4th magnetic film pattern and the 3rd magnetic film pattern) and  $B_s$  who shows drawing 7 is equal.

[0081] Here, since the 3rd magnetic film pattern is located in runoff one end to the 2nd magnetic film pattern, the field from here affects a record condition most. Therefore, the conditions of the 3rd magnetic film pattern are described below.

[0082] Since it fixed to  $D_g=2\text{micrometer}$  and  $t=2.8\text{ micrometers}$  in the case of this example, this relation is satisfied to set  $B_s$  of the 3rd magnetic film pattern to about 1.4-T when the 1st and  $B_s$  of the 4th magnetic film pattern are set to 1T. Lack of magnetic flux or excess (saturation of a magnetic pole) arises by the 3rd magnetic film pattern, so that it separates from this condition. For this reason, field distribution deteriorates.

[0083] Therefore, the range for acquiring good field distribution can be described using the value of  $B_s$ ,  $t$ ,  $D_g$ , and  $B_s$ . First, when  $B_s t$  and  $D_g B_s$  are calculated about the range where the above-mentioned good field distribution is acquired, in the case of  $B_s t=2.8$ , in the case of  $3.4 B_s t=3.64$ ,  $D_g B_s=2$  shows that it is the range of 4.6 from  $D_g B_s=2=2.4$ . When the above-mentioned range is described here using  $B_s t/D_g B_s$ , the range where good field inclination is acquired is  $0.8 < B_s t/D_g B_s < 1.5$ . It is set to (4). By satisfying this condition, record of a high resolution is realizable with the magnetic-head

structure of this invention.

[0084] As mentioned above, if the description of the magnetic head of this invention is arranged simply, generally the specific resistance of the 1st and 4th magnetic film patterns will become high compared with the 3rd magnetic film pattern. Moreover, the volume of the 1st magnetic film pattern becomes larger than any of the 3rd magnetic film pattern. Furthermore, magnetic pole structure needs to satisfy (4) types.

[0085] Next, another description of the magnetic head charged by this invention is described below.

Drawing 4 shows typically the relation between the 4th magnetic film pattern 27 and other magnetic film patterns 25, 32, and 33. In the example of drawing (a), the configuration of this form [near and] of the 4th magnetic film pattern 27 corresponds with a house type with the form of the up core of the conventional magnetic head. In this form, the area of the 2nd magnetic film pattern 32 exposed to the cross section of a magnetic gap and the 3rd magnetic film pattern 33 of becoming narrow compared with the area of the 4th magnetic film pattern 27 similarly exposed is clear.

[0086] This structure was able to realize good record actuation, when a common medium was used. However, it turned out that coercive force is unsuitable for an especially small medium. A cause is because record actuation will be performed by the field from the field 51 shown in drawing (writing takes place from the 4th magnetic film pattern 27 by the feeble field revealed to the 1st magnetic film pattern 25), clear from drawing (a) -- as -- the width of face of the 4th magnetic film pattern 27 -- ( -- from the cross section close to a medium side -- seeing --) -- since it is large, the information which adjoins if write-in actuation takes place is made to disappear.

[0087] So, in this invention, as shown in drawing (b), modification was added to the configuration of the 4th magnetic film pattern 27. It was made for the edge (angle) of the 4th magnetic film pattern not to appear in a sliding surface by specifically giving curvature to the edge of the side close to a sliding surface. Magnetic charge tends to concentrate an edge and the leakage field from here becomes strong inevitably. If curvature is given to the 4th magnetic film pattern 27 as shown in drawing, write-in malfunction to the adjoining truck which concentration of magnetic charge did not have and became a problem by the above will not occur. In this case, it can see from a sliding surface and area of the 4th magnetic film pattern 27 can also be narrowed compared with the area of the 2nd and 3rd magnetic film patterns. Moreover, as shown in drawing (c), also in the configuration which is not exposed to a sliding surface, the same effectiveness was acquired because only alpha retreats the edge of the 4th magnetic film pattern 27 from a sliding surface. When the edge of the 4th magnetic film pattern becomes far to a medium side, he can understand this because write-in actuation is no longer performed.

[0088] Although the above example was performed only about the 4th magnetic film pattern, it cannot be overemphasized that modification is possible also about the 1st magnetic film pattern. Even if it does not dare change the 4th magnetic film pattern, the distance between opposite magnetic poles (distance between magnetic poles in the field 51 shown in drawing (a)) can be extended by changing the configuration of the 4th magnetic film pattern, and a leakage field stops however, influencing an adjoining truck from this effectiveness.

[0089] Next, how to produce the magnetic head (this invention) which prepared the nonmagnetic membrane which consists of single structure which touches the 2nd magnetic film pattern and the 3rd magnetic film pattern using drawing 3 is described. A process is described in order along drawing.

[0090] Drawing (a) shows the condition of having formed the frame pattern 71-1 which determines the configurations of the 2nd magnetic film pattern and the 3rd magnetic film pattern, after carrying out the laminating of the 1st magnetic layer 25 which constitutes a lower core on substrate structure. Under the present circumstances, in order to form a back-contact pattern simultaneously, a frame 71-2 is formed. These frame pattern 71-1 and 71-2 are macromolecule resin or oxidation-silicon, such as a resist, etc. The cross section of a frame pattern needs to be vertical, and needs to be detailed. After once forming the resist pattern of a thin film from this reason and imprinting it to \*\*\*\* of an inorganic substance, this thin film pattern is used as a mask, and the giant-molecule resin of a substrate layer etc. is etched. The anisotropic etching which used oxygen, fluorine gas, etc. is suitable for this etching (the multilayer process used for semiconductor device production is suitable).

[0091] Then, as shown in (b), the laminating of the 2nd magnetic film, the nonmagnetic conductive film (specifically Cu, Ta, etc.) which forms a record gap, and the 3rd magnetic film is carried out. The electrolysis galvanizing method (or nonelectrolytic plating method) is used for this membrane formation. Then, a resist pattern 72-1 and 72-2 are put on a frame 71-1 and the field which covers 71-2 at least.

[0092] After forming the above-mentioned pattern, the field which is not covered with a resist pattern is removed by the sentiment method. The 2nd magnetic film pattern 32, the magnetic gap 10, the 3rd magnetic film pattern 33 and the magnetic-path material 41 and 42, and the magnetic gap 40 can be formed by removing a frame and a resist pattern, as shown in (c) after an appropriate time.

[0093] Here, the two-dimensional configurations of the magnetic film pattern of the above 2nd and the 3rd magnetic film pattern become equal. Under the present circumstances, since pattern formation can be managed with once, it is efficient.

[0094] Then, the whole region of the 1st magnetic film pattern was covered, and the insulating layer 31 which consists of alumina film etc. as shown in (d) was put. Then, the 3rd magnetic film pattern 33 and the front face of the magnetic-path material 42 (back contact) were exposed. The planarizing process used for production of an approach, a semiconductor device, etc. which grind a front face mechanically in this processing (resin is applied thickly and a level difference is graduated.) Then, etching is advanced to desired thickness by the dry etching method, maintaining a smooth side. The approach of exposing a part of height on a smooth side by keeping the etching speed of resin and a height at 1:1 was used. Since all can perform alternative clearance of an insulating layer at a single process, they are excellent in productivity and can make cost of a manufacturing installation low.

[0095] Then, as shown in (e), after forming a coil 26, the insulating layer 38 was formed. An insulating layer 38 has a taper toward the 3rd magnetic film pattern. Moreover, opening 34 was formed in the contact section of the back-contact section (in order to expose the front face of the magnetic-path material 42), and a coil 26 and an electrode.

[0096] Then, the 4th magnetic film pattern 27 was formed. The ion milling method or the lift-off method was used for formation.

[0097] Then, manufacture of the body (only write-in section) of the magnetic head was ended by connecting an electrode with a contact hole 34.

[0098] According to the process described above, the magnetic pole structure shown in drawing 1 can be formed. The magnetic-head slider was manufactured by forming this magnetic head on the wafer which machined the sintered compact of an alumina and a titanium carbide.

[0099] In addition, formation is possible even if the structure of (c) etches this pattern into a mask, after forming the 3rd magnetic film pattern by the electrolysis galvanizing method. The ion milling method is suitable for this etching. Moreover, in order to form a magnetic gap and the 2nd magnetic film pattern by this approach, it cannot be overemphasized that it is necessary to carry out the laminating of an insulator layer (for a record gap to be constituted) and magnetic films, such as alumina film, to the bottom of the 3rd magnetic film pattern beforehand. Moreover, it is convenient even if this magnetic film is the same ingredient as the 1st magnetic film pattern located further downward. As for this, it is conditions that the 3rd magnetic film pattern is located in runoff one end to the 2nd magnetic film pattern.

[0100] About the magnetic head of this invention formed from the above-mentioned process, as shown in drawing 13, it is a mounting beam to the suspension member 7. In order to position the magnetic head 2 attached at the head of the suspension member 7 in the location of the arbitration on a record medium 11, the rotary actuator 3 was used. It used in order to combine a rotary actuator 3 and the suspension member 7. Existence of this arm 4 becomes unnecessary in a recording device 2.5 inches or less.

[0101] Since the alumina film of a high degree of hardness etc. is exposed to a sliding-surface side, the magnetic recording medium which carried the magnetic head of the above-mentioned structure turns into very reliable equipment. Moreover, the width of recording track (magnetic pole width of face) of the write-in section which constitutes the magnetic head is decided by 3rd magnetic film pattern width of face, and since formation by the electrolysis galvanizing method is possible for this pattern, it can manufacture easily the magnetic recording medium 1 micrometer or less corresponding to a \*\* truck.

[0102] Moreover, the magnetic head driven on the frequency of 150MHz or more is realizable by applying the high ingredient of specific resistance to the 1st magnetic film pattern and the 4th magnetic film pattern. The high speed considered to be conventionally impossible from the above effectiveness and the magnetic recording medium of high density (two or more 10 Gb/in) are realizable. This is the result accomplished by optimization of insulator layer structure, optimization of a magnetic film pattern, etc. The complicated manufacture means of the magnetic recording medium (magnetic head) of this invention which has this description is unnecessary, and it can be manufactured cheaply.

---

[Translation done.]

## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

## DESCRIPTION OF DRAWINGS

---

[Brief Description of the Drawings]

[Drawing 1] The conceptual diagram showing the magnetic head of this invention.

[Drawing 2] The conceptual diagram showing the magnetic head by the conventional technique.

[Drawing 3] Process drawing showing the manufacture approach of the magnetic head of this invention.

[Drawing 4] Drawing showing the configuration of the magnetic film pattern which constitutes a part of this invention.

[Drawing 5] Frequency-characteristics drawing at the time of changing the specific resistance of the 1st and 4th magnetic film patterns.

[Drawing 6] The diagram showing the relation between the specific resistance of a core part, and the upper limit of drive frequency.

[Drawing 7] Cross-section structural drawing of the magnetic head of this invention.

[Drawing 8] Drawing showing the relation between magnetic pole conditions and magnetic field strength, and the relation of field inclination.

[Drawing 9] The diagram showing the volume of the 3rd magnetic film pattern, and the relation of frequency characteristics.

[Drawing 10] The diagram showing the relation between the volume of the 3rd magnetic film pattern, and the upper limit of the frequency which can be written in.

[Drawing 11] The conceptual diagram showing the magnetic head (the 1) of structure conventionally.

[Drawing 12] The conceptual diagram showing the magnetic head (the 2) of structure conventionally.

[Drawing 13] The conceptual diagram showing the magnetic recording medium of this invention.

[Description of Notations]

2 [ -- Suspension, ] -- The magnetic head, 3 -- A rotary actuator, 4 -- An arm, 7 21 -- The Records Department (write-in section), 22 -- Read-out section 26 (playback section) -- Coil, 23 -- A magneto-resistive effect component, 27 -- The 4th magnetic film pattern or up magnetic pole, 25 -- The 1st magnetic film pattern or lower magnetic pole (shielding layer combination), 28 [ -- Magnetic gap (record gap), ] -- A shielding layer, 24 -- 29 A substrate layer, 30 -- An electrode, 10 32 [ -- An insulating layer, 71 / -- A frame pattern, 72 / -- A resist pattern, 31 / -- A nonmagnetic insulator layer, 51 / -- A leakage field generating field 62 / -- Magnetic-head slider body. ] -- The 2nd magnetic film pattern, 33 -- 41 The 3rd magnetic film pattern, 42 -- Magnetic-path material, 38

---

[Translation done.]

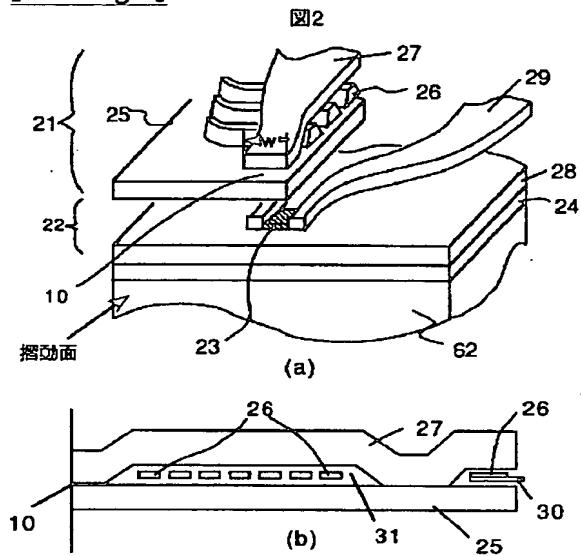
## \* NOTICES \*

Japan Patent Office is not responsible for any damages caused by the use of this translation.

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 2]



[Drawing 4]

(19)日本国特許庁 (JP)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平10-269523

(43)公開日 平成10年(1998)10月9日

(51)Int.Cl.<sup>8</sup>

G 11 B 5/31

識別記号

5/39

F I

G 11 B 5/31

5/39

D

C

審査請求 未請求 請求項の致17 OL (全 13 頁)

(21)出願番号

特願平9-77173

(22)出願日

平成9年(1997)3月28日

(71)出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72)発明者 丸山 洋治

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 原 美紀

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 福井 宏

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地

株式会社日立製作所中央研究所内

(74)代理人 弁理士 小川 勝男

最終頁に続く

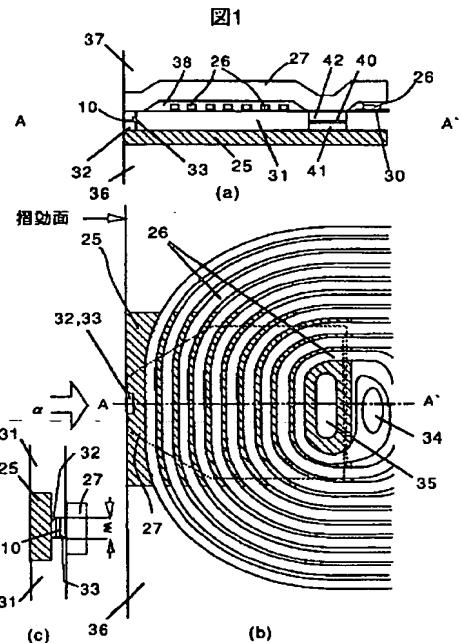
(54)【発明の名称】 磁気ヘッドおよびこれを用いた磁気記録装置

(57)【要約】

【課題】 狹トラックを有し、高周波で駆動する磁気ヘッドを得る。また、この磁気ヘッドを用いて、超高密度記録装置を得る。

【解決手段】 第1の磁性膜パターンと第4の磁性膜パターンとの間に挟まれたコイル導体と、該第1の磁性膜パターンに対して磁気的に結合した第2の磁性体パターンと、該第4の磁性膜パターンに対して磁気的に結合した第3の磁性体パターンと、該第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンとの間に挟まれた磁気的なギャップとを有する磁気ヘッドにおいて、上記第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンに接する絶縁性で非磁性的單一膜が少なくとも第1の磁性膜パターンを被っている磁気ヘッドとする。

【効果】 狹トラック(1 μm以下)を有し、しかも高周波(150 MHz)で駆動する磁気ヘッドが得られ、これを用いた磁気記録装置は10 Gb/in<sup>2</sup>級の超高密度記録が可能となる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】第1の磁性膜パターンと第4の磁性膜パターンとの間に挟まれたコイル導体と、該第1の磁性膜パターンに対して磁気的に結合した第2の磁性体パターンと、該第4の磁性膜パターンに対して磁気的に結合した第3の磁性体パターンと、該第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンとの間に挟まれた磁気的なギャップとを有する磁気ヘッドにおいて、上記第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンに接する絶縁性で非磁性の单一膜が少なくとも第1の磁性膜パターンを被っていることを特徴とする磁気ヘッド。

【請求項2】上記絶縁性で非磁性の单一膜がアルミナ膜ないしはダイヤモンド粒子を含む膜であることを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項3】上記第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンに接する非磁性で絶縁性の单一膜上に、第2の非磁性で絶縁性の膜を積層し、該第2の非磁性で絶縁性の膜内にコイル導体を設けたことを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項4】上記第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンの積層構造から書き込みトラック幅を規定する磁極部と、上記第1の磁性膜パターンと第4の磁性膜パターンを磁気的に結合するバックコントクト部とを設けたことを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項5】上記第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンの存在領域外にコイル導体を配置させたことを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項6】摺動面に露出する上記第3の磁性膜パターンの幅を1.0  $\mu\text{m}$ 以下、厚みを1.0  $\mu\text{m}$ 以下にしたことを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項7】上記第3の磁性膜パターンの体積が、上記第1の磁性膜パターン及び第4の磁性膜パターンの体積の10%以下であることを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項8】上記第1の磁性膜パターン及び第4の磁性膜パターンの比抵抗が上記第3の磁性膜パターンの比抵抗よりも高いことを特徴とする請求項7記載の磁気ヘッド

【請求項9】上記第1の磁性膜パターン、上記第2の磁性膜パターン、上記第3の磁性膜パターン及び上記第4の磁性膜パターンから構成される磁気ヘッドにおいて、ヘッド浮上面に露出する上記第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンの面積が、同じく露出する上記第1及び第4の磁性膜パターンの面積に比べ広いことを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項10】上記第4の磁性膜パターンの飽和磁束密度をBs1(T)、膜厚をt( $\mu\text{m}$ )とし、上記第3の磁性膜パターンの飽和磁束密度をBs2(T)、上記第3の磁性膜パターンと上記第4の磁性膜パターンとの浮上方向の重なり長をDg( $\mu\text{m}$ )とした場合、0.8 <

2 Bs1  $\times$  t / Bs2  $\times$  Dg < 1.5 を満足することを特徴とする請求項1記載の磁気ヘッド。

【請求項11】第1の磁性膜パターンと第4の磁性膜パターンとの間に挟まれたコイル導体と、該第1の磁性膜パターンに対して磁気的に結合した第2の磁性体パターンと、該第4の磁性膜パターンに対して磁気的に結合した第3の磁性体パターンと、該第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンとの間に挟まれた磁気的なギャップとを有する磁気ヘッドにおいて、上記第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンに接する絶縁性で非磁性の单一膜が上記第1の磁性膜パターンと同一材料であることを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッド。

【請求項12】上記第2の磁性膜パターンが上記第3の磁性膜パターンをマスクに上記第1の磁性膜パターンの一部をエッチングすることにより形成されたことを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッド。

【請求項13】上記第3の磁性膜パターンの飽和磁束密度が上記第2の磁性膜パターンの飽和磁束密度に比べ高いことを特徴とする請求項10記載の磁気ヘッド。

【請求項14】上記第3の磁性膜パターンが上記第2の磁性膜パターンに対して媒体の回転方向に対して流出端側に位置することを特徴とする請求項13記載の磁気ヘッド。

【請求項15】上記第1の磁性膜パターンと第4の磁性膜パターンを構成する材料の比抵抗を $\rho$ ( $\mu\Omega\text{-cm}$ )、5MHzにおける比透磁率を $\mu$ 、膜厚をt( $\mu\text{m}$ )とした時、 $\rho / (\mu \times t^2) > 0.0064$ を満足する請求項1記載の磁気ヘッドを用いたことを特徴とする磁気記録装置。

【請求項16】上記第1の磁性膜パターン及び第4の磁性膜パターンが磁性膜と非磁性膜を積層した多層膜、ないしは比抵抗50  $\mu\Omega\text{-cm}$ 以上の高電気抵抗のアモルファス合金膜であり、上記第3の磁性膜パターンが比抵抗20  $\mu\Omega\text{-cm}$ 以下のCo-Ni-Feを主成分とする合金膜であることを特徴とする請求項15記載の磁気記録装置。

【請求項17】駆動周波数150MHz以上で駆動することを特徴とする請求項15記載の磁気記録装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、電子計算機及び情報処理装置等に用いられる磁気ヘッドに係り、特に高密度記録を実現する上で好適な磁気ヘッドおよびこれを用いた磁気記録装置に関する。

## 【0002】

【従来の技術】情報機器の記憶(記録)装置には、主に半導体メモリと磁性体メモリが用いられている。アクセス時間の観点から内部記憶装置に半導体メモリが用いられ、大容量かつ不揮発性の観点から外部記録装置に磁性体メモリが用いられる。今日、磁性体メモリの主流は、磁気ディスクと磁気テープにある。これらに用いられて

いる記録媒体は、A1基板ないしは樹脂製のテープ上に磁性薄膜が成膜されている。この記録媒体に磁気情報を書き込むため、電磁変換作用を有する機能部が用いられる。また、磁気情報を再生するため、磁気抵抗現象ないしは、巨大磁気抵抗現象あるいは電磁誘導現象を利用した機能部が用いられる。これらの機能部は、磁気ヘッドと呼ばれる入出力用部品に設けられている。

【0003】磁気ヘッドと媒体は、相対的に移動し、媒体上の任意の位置に磁気情報を書き込み、必要により磁気情報を電気的に再生する機能を有する。磁気ディスク装置を例に述べると、磁気ヘッドは、例えば図2(a)に示すように磁気情報の書き込み部21と読み出しを行なう再生部22から構成される。書き込み部は、コイル26とこれを上下に包み(図(a)の断面構造を示す図(b)参照)かつ磁気的に結合された磁極27と25から構成される。再生部22は、磁気抵抗効果素子部23と同素子部に定電流を流し、かつ抵抗変化を検出するための電極29から構成される。これら書き込み部と再生部の間には、下部磁極25が存在し、再生時に不要磁界をシールドする機能を兼ねる。また、同様の機能をシールド層28に設ける。また、これらの機能部は、磁気ヘッド本体62上に下地層24を介して形成されている。

【0004】図2(a)の例は、記録に電磁変換作用、再生に磁気抵抗効果を利用したものであるが、書き込み部に設けたコイルに誘導される電磁誘導電流を検出することによっても磁気情報の再生は可能である。この場合、記録と再生は1つの機能部で行なうことができる。【0005】記憶装置の性能は、入出力動作時のスピードと記憶容量によって決まり、製品競争力を高めるためにはアクセス時間の短縮化と大容量化が必須である。また、近年、情報機器の軽薄短小化の要求から記憶装置の小型化が重要になってきた。これらの要求を満足するためには、単一の記録媒体内に多くの磁気情報を書き込み、かつ、再生できる磁気記憶装置の開発が必要である。

【0006】この要求を満足させるためには、装置の記録密度を高める必要がある。高密度記録を実現するためには、書き込む磁区の大きさを微細化していく必要がある。これには、図2(a)に示した書き込み磁極27の幅を狭くし、かつコイル26に流す書き込み電流の周波数を高めることにより実現できる。

#### 【0007】

【発明が解決しようとする課題】上記従来技術によれば、磁極幅を2.5μmまで狭くし、周波数を90MHz程度まで高めることにより、2Gb/in<sup>2</sup>級の記憶密度を実現することできる。しかしながら、さらなる高密度化を推し進めると下記に述べる問題が生じ高密度化に限界が生じることが明らかとなった。

【0008】第1の問題は、磁極の幅に関するものである。磁気ディスクに用いられている磁気ヘッドでは、記

録媒体の保磁力を超える強磁界を発生させる必要から2μm以上の厚い磁極を用いる。この厚みは、磁極幅を狭めても薄くすることは出来ない。このため、磁極幅を狭めるほど、幅に対して厚みの割合が高いパターン(アスペクト比の高いパターン)とならざるを得ない。

【0009】この様なパターンは、一般に製造が難しく、コスト上昇を招く。この問題を解決する手段は、特開平7-296328号公報に公開されている。

【0010】この方式は、トラック幅を狭めるためにノッチ構造体を用いる。ノッチ構造体は、図11に示すように、磁気ヘッドを摺動面側から見ると露出しているのが分かる。このノッチ構造体52内に幅の狭い磁極32、33を電解めっき法にて形成することで狭トラック化を実現している。

【0011】また、同磁極をサンドイッチした幅広の磁極25、27にて磁束を磁極先端まで誘導することができる。

【0012】上記ノッチ構造体は、酸化珪素等から形成されており、異方性エッティングが可能である。このため、解像性に優れた薄膜のレジストパターンによるパターン形成が可能となる長所がある。

【0013】しかし、この方法にて上記構造の磁気ヘッドを作製しても記録密度に限界が生じた。具体的には、コイルに流す電流の周波数を高める程、発生磁界が低くなり、高密度の磁気情報を書き込むことが出来なくなつた。

【0014】この高周波特性に起因する問題は、上記公報に記載がなく、実際に磁気ヘッドを作製した結果明らかとなった。

【0015】また、上記構造では、幅の狭い磁極をサンドイッチする幅広の磁極27、25(媒体面に向かって露出する磁極)からも磁界が生じ、同磁界によって媒体面に不要の書き込みが生じることがわかった。同磁極27、25のパターン幅は、磁極32、33(実際に記録を行いたいトラック幅)に比べ広いため、この現象が生じると広い範囲で情報が消失し、記録装置としての機能を果たすことが出来なくなつた。

【0016】この隣接トラック情報を消去する問題は、予め、書き込み電流を所定の範囲に設定することで事前に防ぐことが出来ると考えられた。しかし、記録装置に実際に適用した結果、筐体内の温度上昇や、媒体の磁気特性の不均一性から、書き込み電流の制御だけでは対策が出来ないことがわかった。

【0017】また、ノッチ構造体を構成する材料は、微細加工性を重視するため、酸化珪素系の材料に制限される欠点がある。この制約は、酸素、フレオンガス等を用いた異方性エッティングができる材料である必要があるためである。

【0018】このノッチ構造体は、上記公報に記載されるようにスライダーの浮上面(磁気ヘッド摺動面)に保

護膜を介して露出する。酸化珪素は、従来の磁気ヘッドに用いられているアルミナ膜に比べ機械的な強度が劣り、水分等も侵入し易い欠点がある。また、この様な欠点があるにもかかわらず、構造上、従来の記録ギャップ長よりも厚く積層する必要がある。

【0019】保護膜厚が十分厚ければ問題はないが、近年の高密度用磁気ヘッドでは、媒体面からの距離を短くする目的から保護膜厚を15nm以下に設定している。このような薄膜では、ノッチ構造体の機械的な強度不足を補うことはできない。すなわち、磁気ヘッドと記録媒体との不測の接触が生じると、ノッチ構造体部が破壊し、目的とする記録動作ができなくなる。また、水分等の侵入を防ぐことができなくなる。これら信頼性に係る問題についても、上記公報には記載がなく、実際に記録装置を製造した結果、判明した。

【0020】また、上記ノッチ構造体を用いる磁気ヘッド構造は、図11(向かって左に示す断面構造)に示すようにコイル26が絶縁膜53の上に形成されている。この絶縁膜53の膜厚は、ノッチ構造体52の膜厚に比べ薄いことから、ノッチ構造体とは別に形成される。この工程を行う際には、磁極33上に絶縁物を残さないよう注意を払う必要があることは、同業者は容易に理解される。また、この処理に係る製造コストの上昇が無視出来ないことも明白である。

【0021】狭トラック化に限れば、特開平7-262519号公報に開示される方式がある。この方式は、図12に示すように、第1の磁性膜パターン25の上に第2の磁性膜パターン32が存在し、第4の磁性膜パターン27との間に磁気ギャップ10が位置する。この構造は、第4の磁性膜パターン27をマスクに第1の磁性膜パターン25の一部をエッチングすることで形成することが出来る。

【0022】この方式で狭トラック化を実現するためには、第4の磁性膜パターン27の幅を狭めが必要である。そのため、その形成には、電解めっき法を適用せざるを得ない。

【0023】しかし、電解めっき法にて形成できる磁極は、良導電性である必要があり高電気抵抗の材料を適用することはできない。また、この方式では、第3の磁性膜パターンが存在しないため、第4の磁性膜パターンの面積を広くする必要がある。このため、広い面積のパターンが電解めっき法にて形成されることとなる。このため、後述する理由から高周波駆動には適さないことが分かった。

【0024】以上、高密度化、狭トラック化、高信頼化、低コスト化に係る問題は、上記公報に開示されている技術からは全てを満足させることはできなかった。そのため、本発明で目的とする高密度の磁気記録装置を実現する上で問題が生じた。

【0025】本発明の目的は、1μm以下の磁極幅を有

する高周波駆動の磁気ヘッドを実現する新規構造を開示することにより、10Gb/in<sup>2</sup>級の超高密度記録装置の可能性を明らかにすることにある。

【0026】

【課題を解決するための手段】上記課題を解決するため、本発明では下記に述べる手段を用いた。

【0027】まず、従来技術である第1の磁性体膜バターンと第4の磁性体膜バターンとの間にコイル導体を有し、第1の磁性膜バターンに対して磁気的に結合した第2の磁性膜バターンと第4の磁性膜バターンに対して磁気的に結合した第3の磁性膜バターンとを有し、かつ、これら第2の磁性膜バターンと第3の磁性膜バターンの間に磁気的なギャップを有する磁気ヘッドを基本にし、後述する高周波特性及び狭トラック化を両立させる構造において、特に製造コストを下げる目的で、摺動面に露出する絶縁性かつ非磁性の膜が少なくとも第1の磁性膜バターンを包含する構造に変更した。

【0028】また、上記構造において磁気ヘッドの基本機能を満足させる目的で、上記非磁性かつ絶縁性膜面に第3の磁性膜バターンの一部を露出させ、該露出面にて第3の磁性膜バターンと第4の磁性膜バターンを磁気的に結合させた。

【0029】また、磁気ヘッド製造コストを下げる目的で磁気的なギャップを形成する第2の磁性膜バターンと第3の磁性膜バターンの少なくとも3方を非磁性かつ絶縁性の膜にて囲み、この非磁性かつ絶縁性膜表面上に第2の非磁性かつ絶縁性膜を積層し、該第2の非磁性かつ絶縁性膜内にコイル導体を設ける構造にした。

【0030】また、製造コストを下げる目的で、上記第2の磁性膜バターンと第3の磁性膜バターンの2次元的形状を等しくし、これら第2の磁性膜バターンと第3の磁性膜バターンの積層構造から書き込みトラック幅を規定する磁極部と、第1の磁性膜バターンと第4の磁性膜バターンを磁気的に結合するバックコンタクト部とを構成した。

【0031】また、高周波特性を向上させる目的で、第2の磁性膜バターンおよび第3の磁性膜バターンの存在領域外にコイル導体を配置した。

【0032】また、高周波特性を向上させる目的で、第1の磁性膜バターンおよび第4の磁性膜バターンの比抵抗を第3の磁性膜バターンの比抵抗よりも高く設定した。

【0033】また、高周波特性を向上させる目的で、上記第3の磁性膜バターンの体積を第1及び第4の磁性膜バターンの体積の10E-4以下に設定した。

【0034】また、高周波特性の向上と必要強度の書き込み磁界を発生させる目的で、第4の磁性膜バターンの飽和磁束密度B<sub>s1</sub>、膜厚t<sub>1</sub>、第3の磁性膜バターンの飽和磁束密度B<sub>s2</sub>、第3の磁性膜バターンと第4の磁性膜バターンとの浮上方向の重なり長D<sub>g</sub>に関し、0.

$8 < B_{s1} \times t / B_{s2} \times D_g < 1.5$  を満足させた。  
【0035】また、隣接トラックへの不要な書き込み現象を低減させ、高密度記録を実現する目的で、ヘッド浮上面に露出する第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンの面積が同じく露出する第1及び第4の磁性膜パターンの面積に比べ広くした。また、高周波特性を向上させる目的で、第1の磁性膜パターンと第4の磁性膜パターンを構成する材料の比抵抗を  $\rho$  ( $\mu\Omega\text{-cm}$ )、5 MHzにおける比透磁率を  $\mu$ 、膜厚を  $t$  ( $\mu\text{m}$ )とした時、 $\rho / (\mu \times t^2) > 0.0064$  を満足させた。この条件を満足させる磁気ヘッドを製造し、同磁気ヘッドを用いて磁気記録装置を組み立てた。

【0036】また、周波数特性を改善した同磁気ヘッドを搭載した磁気記録装置に、駆動周波数150 MHz以上の制御信号を入力することで、同駆動周波数における磁気記録装置の駆動を可能にした。

【0037】また、高密度記録を実現するため、摺動面に露出する第3の磁性膜パターンの幅を1.0  $\mu\text{m}$  以下にし、周波数特性、必要書き込み磁界強度を満足させる目的でその厚みを1.0  $\mu\text{m}$  以下にした。同磁気ヘッドを製造すると共に同磁気ヘッドを搭載した磁気記録装置を組み立てた。

【0038】また、記録装置の信頼性、寿命を満足させる目的で上記に記載する第1の絶縁性かつ非磁性膜をアルミナ膜ないしはダイヤモンド粒子を含む膜を主成分とする膜から構成した。

【0039】また、高周波特性及び、必要書き込み磁界強度の両立を目的として、第1の磁性体膜パターンおよび第4の磁性体膜パターンを磁性膜と非磁性膜を積層した多層膜ないしは比抵抗50  $\mu\Omega\text{cm}$  以上の高電気抵抗のアモルファス合金膜から構成した。また、第3の磁性膜パターンを比抵抗20  $\mu\Omega\text{cm}$  以下のCo-Ni-Feを主成分とする合金膜から構成した。また、同構造を有する磁気ヘッドを記録装置に搭載することで高速かつ高密度の磁気記録装置を実現した。

【0040】また、製造コスト低減と周波数特性の改善を目的として、第2の磁性膜パターンと第1の磁性膜パターンを同一材料から構成した。同磁気ヘッドを磁気記録装置に搭載することで、高速の磁気記録装置を安価に製造した。

【0041】また、製造コストの低減と必要書き込み磁界強度の両立を実現するため、第3の磁性膜パターンの飽和磁束密度を第2の磁性膜パターンの飽和磁束密度に比べ高くした。この構成は、第3の磁性膜パターンが第2の磁性膜パターンに対して媒体の回転方向に沿って流出端側に位置させる条件が必要である。

【0042】

【発明の実施の形態】第1図を用いて本発明を適用した磁気ヘッドの実施例を述べる。図1(a)は、先に示した図2(b)に対応する断面構造図である。

【0043】本発明で述べる第1の磁性膜パターンは、図に示す下部コア25に対応する。また第4の磁性膜パターンは、上部コア27に対応する。第1の磁性膜パターンと第4の磁性膜パターンとの間にはコイル26が存在する。コイル26は、厚さ2  $\mu\text{m}$  のCu、Au、Al、Ta、Mo等を主成分とする導電性の材料から形成されている。絶縁材38は、コイル26とコア27との電気的な絶縁を保持する目的で充填されている。

【0044】また、第4の磁性膜パターンとなる上部コア27と第1の磁性膜パターンとなる下部コア25の間に第2の磁性膜パターン32と第3の磁性膜パターン33が挿入されており、それら部材によって磁気的ギャップ(あるいは記録ギャップ)10が形成される。ここまででの構成は、従来技術による磁気ヘッドと同等である。

【0045】本発明では、従来技術に記載されるノッチ構造体が存在しない。その代わり、本発明では、第2の磁性膜パターン32と第3の磁性膜パターン33に接して单一構造からなる非磁性膜31を設けた。この非磁性膜31は、少なくとも第1の磁性膜パターンのほぼ全域をカバーする。

【0046】また、コイル26は、非磁性かつ絶縁性膜31上に積層した絶縁材38内に設けた。

【0047】また、上部コア27と下部コア25との間に磁路材41、42及び磁気的ギャップ40を設けている。この構造は、絶縁性かつ非磁性の膜31にアルミナ膜等、高硬度の膜を適用する場合に好適であり、製造コストを下げる長所がある。

【0048】すなわち、アルミナ膜は、スパッタ法等で成膜するが、成膜する際には、第3の磁性膜パターン上にも積層される。磁気ヘッドの基本機能を達成するためには、第3の磁性膜パターン上からアルミナ膜を選択的に除去する必要があることは言うまでもない。しかし、アルミナ膜は、高硬度ゆえ問題がある。本発明の構造を導入することにより、この処理を後述する安価な方法にて行なうことができる。

【0049】また、同部材(40、41、42)を第2の磁性膜パターン32及び第3の磁性膜パターン33と同時に形成することにより、製造コストの上昇を防ぐことができる。

【0050】その他、図に示す37は、磁気ヘッド機能部を保護するもの(保護膜)であり、38は電気的な絶縁層、30はコイルに書き込み電流を流すための電極、36は磁気ヘッド本体(スライダー)である。

【0051】同図(b)は第4の磁性膜パターンに対応する上部コア側から磁気ヘッドを見た図である。コイル26が螺旋状に巻かれている様子がわかる。このコイル26は、コンタクトホール34にて電極30(図(a))と結合されている。ここで、第2の磁性膜パターン32および第3の磁性膜パターン33の存在領域外にコイル導体26が配置されている。これは、高周波特

性を向上させる目的のものである。また、上部コア27と下部コア25は、磁気的なコンタクトホール35にて結合されている。この磁気的なコンタクトホール35が先に示した磁路材41、42を含めた構成となっている。

【0052】本磁気ヘッドの特徴である第2の磁性膜パターン32及び第3の磁性膜パターン33は、第4の磁性膜パターン27と第1の磁性膜パターン25の先端（記録媒体に接近する端部）に位置し、一部が摺動面に露出する構造（厳密には、摺動面保護膜を介する場合が多い）になっている。同部材の構造を $\alpha$ 方向から見ると図(c)のようになる。すなわち、第4の磁性膜パターン27と第1の磁性膜パターン25の間に幅の狭い第2の磁性膜パターン32と第3の磁性膜パターン33がはさみ込まれている。

【0053】これら第2の磁性膜パターン32は、第1の磁性膜パターン25に、第3の磁性膜パターン33は、第4の磁性膜パターン27にそれぞれ磁気的に結合（磁路抵抗小の状態）されている。また、第2の磁性膜パターン32と第3の磁性膜パターン33に囲まれて磁気ギャップが形成されている。本実施例では、磁気ギャップ長を $0.3\mu\text{m}$ としたが、本発明は、他の条件にも適用できることは言うまでもない。この磁気ギャップには、Cu膜、アルミナ膜、酸化珪素等の非磁性膜を用いることができる。

【0054】また、図に示すように単一構造膜である絶縁性非磁性膜31が摺動面に露出する構造となる。ここで、絶縁性非磁性膜31をアルミナ膜、ダイヤモンドを少なく含む膜とすることで機械的強度を高めることができる。これにより、高信頼の磁気ヘッドを実現できる。

【0055】また、高密度記録を実現するため、摺動面に露出する第3の磁性膜パターンの幅を $1.0\mu\text{m}$ 以下にし、周波数特性、書き込み磁界強度を満足させる目的でその厚みを $1.0\mu\text{m}$ 以下にした。

【0056】これは、第3の磁性膜パターンの形成に電解めっき法を適用できた効果である。また、後述する条件で磁極を構成することで高周波駆動も可能な磁気ヘッドを実現できる。

【0057】本発明では、第1の磁性膜パターンと第4の磁性膜パターンの両方の電気抵抗を高めに設定した（比抵抗値： $50\mu\Omega\text{cm}$ 以上、理由については後述）。具体的には、CoTaZrアモルファス合金膜、センダスト、CoZrNbTaアモルファス合金膜、多層膜等からパターンを形成した。

【0058】成膜には、スバッタ法を用いた。また、パターン加工には、リフトオフ法やドライエッチング法等の乾式法を用いた。これら比抵抗の高い膜は、微細加工性に優れた電解めっき法によるパターン形成が困難である。従って、従来、磁極幅を狭めた磁極材への適用が困難と考えられていた。

【0059】本構造に依ればパターン面積（パターン幅）が広い部分にのみ同材料が適用されるため、乾式法によるパターン形成が可能となる。また、これら磁性膜パターンは面積が広いため、あえて、飽和磁束密度の高い材料を選択しなくとも、書き込みに必要となる磁界を磁極先端部（摺動面側）に誘導することが出来た。

【0060】第2の磁性膜パターンに対し、流出端側（トレーリング側）に位置する第3の磁性膜パターンは、飽和磁束密度 $1.5\text{T}$ 以上の材料を用いた。これは、流出端側からの磁界が媒体に記録される磁区情報の品質（オーバライト特性、磁化反転長さ等）に影響を与えるためである。単純には十分な記録磁界を発生させる機能が重要となる。飽和磁束密度の高い材料からは、十分な記録磁界が発生することが良く知られている。

【0061】具体的には、第3の磁性膜パターンにCoNiFe、NiFe、Fe合金膜ないしは純鉄、窒化鉄等を用いた。また、これらの膜の電気抵抗は、概ね $50\mu\Omega\text{cm}$ 以下で上記の第1の磁性膜パターンや第4の磁性膜パターンに比べ低いものを選択した。これは、高密度記録を実現するため、電解めっき法によるパターン形成を可能にするための選択である。

【0062】高抵抗膜は、その名の通り電気を通し難い性質がある。このため、電解めっき時に偏積が起りやすく、良質の膜を成長させることができない。更に、絶縁性の物質を含んだ膜などはめっき法で成長させることはできない。以上の理由から第3の磁性膜パターンとして絶縁性物質を含まない低電気抵抗のかつ、高飽和磁束密度の材料を選択した。

【0063】次に第1の磁性膜パターンおよび第4の磁性膜パターンの比抵抗値を $50\mu\Omega\text{cm}$ 以上とした理由を述べる。図5は、第1の磁性膜パターンと第4の磁性膜パターンの比抵抗を変えて作製した磁気ヘッドの周波数特性を測定した結果である。この測定には、電子線トモグラフィ法を用いた。ここで、磁性膜パターンの比透磁率 $\mu$ は、略 $1000$ に固定した。膜厚は、いずれも $2.8\mu\text{m}$ に固定した。また、第4の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンとの重なり（図7に示すDg）を $2\mu\text{m}$ にした。

【0064】図から、比抵抗 $16\mu\Omega\text{cm}$ の材料（一般的なNiFe材料）を用いた場合、駆動周波数 $90\text{MHz}$ では、駆動周波数 $10\text{MHz}$ の結果（概ね静磁的結果と等しい）に比べ発生（漏洩する）磁界が $50\%$ 以下に低下することがわかる。比抵抗 $60\mu\Omega\text{cm}$ 以上の材料では、発生磁界の減少は少なく、概ね $200\text{MHz}$ 程度まで強い磁界が発生していることがわかる。

【0065】磁気ディスク装置では、高速の書き込みが要求されており、この要求を満足させるためには、高周波の書き込み磁界を発生する磁気ヘッドが必要となる。この理由から、第1及び第4の磁性膜パターンに高比抵抗の材料を用いた。

【0066】図6は、高周波駆動に必要となるコア部分（本発明で述べる第1と第4の磁性膜パターンに対応する）の比抵抗を見積もるためのものである。図の縦軸は1MHz程度の低周波駆動時の発生磁界に対し、65%の発生磁界が得られる周波数の上限を示している（図5から読み取れる）。65%の発生磁界とは、定的な書き込みが行われる必要磁界の下限値で、装置製造の経験から得られる値である。

【0067】図からコア部分の比抵抗を50μΩcmに高めることで150MHz駆動が可能となることがわかる。

【0068】この比抵抗の値は、本検討に用いたヘッド条件の場合について成り立つが、下記の論理によって一般化に発展できる。

【0069】アイイーイーイー トランザクション オン マグネティクス 第31号 ナンバ6の頁2651から頁2656 (IEEE TRANSACTIONS ON MAGNETICS, VOL.31, NO.6 p.2 651-2626)に記載される(7)式(頁2654に記載)によれば、磁気ヘッドの周波数特性は、磁極条件が変化しても値 $f_q$  ( $\rho$ 、 $\mu$ 、 $t$ )に依存する。ここで、 $\rho$ は、磁極材料の比抵抗値、 $\mu$ は、磁極材料の比透磁率、 $t$ は、磁極膜厚であり

$$f_q = \rho / (\mu \times t^2) \quad \cdots (1)$$

の関係がある。この式に150MHz駆動が可能となる上記ヘッド条件(磁極条件)を代入すると

$$f_q' = 50 / (1000 \times 2.82) \approx 0.0064 \quad \cdots (2)$$

となる。従って、磁性膜パターンの条件が変化しても150MHz駆動が可能となるヘッド条件は

$$\rho / (\mu \times t^2) > 0.0064 \quad \cdots (3)$$

を満足する必要があることが分かる。この式から、 $t$ 小の磁極を用いた場合、 $\rho < 50 \mu\Omega\text{cm}$ の材料を適用できることも分かる。

【0070】この式は、上部コアの厚みと下部コアの厚みが等しい条件のものである。しかし、厚みに差がある場合、厚い方の膜厚を用いることで上記式が成立することを確認している。このように、この式は、本発明の構成をとるすべての磁気ヘッドに適用することが可能となる。

【0071】また、150MHzを超える高周波駆動条件についても図6に示す結果から求めることができる。すなわち、図から静磁界に対して65%以上の磁界を発生できる $\rho$ の値を読み取り、この値を(2)式に代入することで $f_q'$ を求め、この値から(3)式を満足する磁性膜条件( $\rho$ 、 $\mu$ 、 $t$ )を得ることができる。

【0072】特に膜厚を薄くしない限り、150MHzの駆動は比抵抗値50μΩcm以上の材料を用いることにより実現する。比抵抗値50μΩcm以上の材料は、これまでに開発が行われている。しかし、この材料を利用した磁気ディスク装置は実現していない。この理由は、高周波駆動が装置の高密度化と共に進められている

ためである。

【0073】すなわち、駆動周波数の向上によって摺動方向(円周方向)に高密度化が進んでもデータがシリアル化するだけで、アクセス時間が増大(リールメモリ状となる)してしまう。このため、磁気ディスクの特徴であるランダムアクセス性に支障が生じる。このため、高密度化には、摺動方向と共に磁極幅を狭めることによるトラック幅方向への高密度化も必要になる。

【0074】比抵抗が高く、電解めっき法にてパターン形成できる膜は、磁歪定数が高く、微細なパターンを形成する際にマスク材に亀裂が生じ易い欠点がある。また、更に比抵抗が高いアモルファスや酸化膜等をサンドイッチした多層膜膜は、電解めっき法によるパターン形成ができない欠点がある。このため、狭い磁極幅を実現することができない欠点がある。このため、高周波化と高密度化を共立することはできない。この理由から高電気抵抗の材料を利用した150MHz駆動の磁気ヘッド並びに同磁気ヘッドを適用した磁気ディスク装置は実現していない。

【0075】本発明で基本とする磁気ヘッド構造において、特に第1及び第4の磁性膜パターンの材料、構造に上記第(3)式を満足する条件を適用することにより、初めて150MHz以上の周波数で駆動する磁気ヘッド並びに同磁気ヘッドを用いた磁気ディスク装置を実現することが出来る。この知見は、従来までに開示されておらず、図5並びに図6の結果をもって初めて明らかとなつたものである。

【0076】ところで、図5に示した結果は、第3の磁性膜パターンの比抵抗の値に影響しなかった。これは、本実施例で述べた第3の磁性膜パターンの体積が第1の磁性膜パターンおよび第4の磁性膜パターンの体積に比べ、小さい場合に限った現象であった。

【0077】図9は、図5と同じ周波数特性であるが、第3の磁性膜パターンの体積と第1及び第4の磁性膜パターンの体積の比をパラメータにしている。図から、体積比が1に近付く程、周波数特性が劣化するのが分かる(体積比1とは、単純に膜厚が等しいパターンが重なった状態を意味する)。この結果をまとめたのが図10(図6と同じ表示をしている)である。図10から、発生磁界が静磁界に対して65%以上となる周波数の上限は、体積比を小さくする程、向上するが、飽和傾向にあることが分かる。そして、第3の磁性膜パターンの体積を第1及び第4の磁性膜パターンの体積の10%以下に設定すれば、概ね第3の磁性膜パターンの存在を無視できることが分かる。そこで、本発明では、第3の磁性膜パターンの体積をこの範囲内に規定した。

【0078】第3の磁性膜パターンとしては、書き込み用の強磁界を発生させる必要から他の材料条件も必要であった。図8は、第3の磁性膜パターンの飽和磁束密度 $B_s$ (ここでは第2の磁性膜パターンの $B_s$ も同じとし

た)と発生磁界強度の関係を求めたものである。パラメータとして第1及び第4の磁性膜パターンのB<sub>s</sub>を変えた結果を示す。結果から、第3の磁性膜パターンのB<sub>s</sub>を高めるほど強磁界が発生することが分かる。一般に高密度記録には保磁力の高い媒体が適することが知られており、保磁力が高い媒体ほど書き込みに強磁界が必要となることが知られている。これらから、第3の磁性膜パターンに高B<sub>s</sub>の材料を選択する必要性を理解出来る。

【0079】しかし、むやみに第3の磁性膜パターンのB<sub>s</sub>を高めても分解能の高い書き込みは実現しなかった。この理由は、磁界勾配が劣化するためであることが分かった。図8に磁界勾配を求めた結果を合わせて示す。図から、磁界勾配が高く(規格値0.9以上)分解能の高い記録ができたB<sub>s</sub>の範囲(実験結果;30dBのオーバーライト特性が得られた範囲)は、第1及び第4の磁性膜パターンのB<sub>s</sub>が1Tの場合、第3の磁性膜パターンのB<sub>s</sub>値が1Tから1.7Tの範囲、第1及び第4の磁性膜パターンのB<sub>s</sub>が1.3Tの場合、第3の磁性膜パターンのB<sub>s</sub>値が1.2Tから2.3Tの範囲であった。

【0080】この範囲は、磁気ヘッドの磁路を考えると一般的な関係式にまとめることが出来る。図7に示す磁気ヘッドの断面において磁束は第1の磁性膜パターン25から第2の磁性膜パターン32そして第3の磁性膜パターン33から第4の磁性膜パターン27に流れる。各磁路を流れる磁束のトラック幅方向の単位長さ当たりの量は、磁路の厚みt(磁極厚)とB<sub>s</sub>の積から近似的に求めることが出来る。したがって、第1の磁性膜パターンと第4の磁性膜パターンのB<sub>s</sub>とtが等しければ、共にB<sub>s</sub>1×tに比例した磁束が流れる。この磁束が第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンに全て流れるのは、図7に示すデップス長D<sub>g</sub>(第1の磁性膜パターンと第2の磁性膜パターンとの重なり長さ、あるいは第4の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンとの重なり長さ)とB<sub>s</sub>2との積が等しい場合であることが理解される。

【0081】ここで、第3の磁性膜パターンは、第2の磁性膜パターンに対して流出端側に位置するため、ここからの磁界が最も記録状態に影響を与える。したがって、第3の磁性膜パターンの条件について以下述べる。

【0082】本実施例の場合、D<sub>g</sub>=2μm、t=2.8μmに固定したため、第1および第4の磁性膜パターンのB<sub>s</sub>1を1Tとした場合、第3の磁性膜パターンのB<sub>s</sub>2を約1.4Tにすることで、この関係を満足させる。この条件から離れるほど、第3の磁性膜パターンで磁束の不足、あるいは過多(磁極の飽和)が生じる。このため、磁界分布が劣化する。

【0083】従って、良好な磁界分布を得るための範囲は、B<sub>s</sub>1、t、D<sub>g</sub>、B<sub>s</sub>2の値を用いて記述出来る。まず、上記の良好な磁界分布が得られる範囲についてB

s1×t、D<sub>g</sub>×B<sub>s</sub>2を計算してみると、

B<sub>s</sub>1×t=2.8の場合

D<sub>g</sub>×B<sub>s</sub>2=2から3.4

B<sub>s</sub>1×t=3.64の場合

D<sub>g</sub>×B<sub>s</sub>2=2.4から4.6

の範囲であることが分かる。ここでB<sub>s</sub>1×t/D<sub>g</sub>×B<sub>s</sub>2を用いて上記範囲を記述すると、良好な磁界勾配が得られる範囲は、

0.8 < B<sub>s</sub>1×t/D<sub>g</sub>×B<sub>s</sub>2 < 1.5 … (4)

となる。この条件を満足させることにより、本発明の磁気ヘッド構造にて高分解能の記録を実現出来る。

【0084】以上、本発明の磁気ヘッドの特徴を簡単に整理すると、第1および第4の磁性膜パターンの比抵抗は、第3の磁性膜パターンに比べ一般に高くなる。また、第1の磁性膜パターンの体積は、第3の磁性膜パターンのいずれよりも大きくなる。さらに、磁極構造は(4)式を満足させる必要がある。

【0085】次に本発明で請求する磁気ヘッドの別の特徴を以下に述べる。図4は、第4の磁性膜パターン27と他の磁性膜パターン25、32、33との関係を模式的に示したものである。図(a)の例では、第4の磁性膜パターン27の形状が家型に近く、この形は従来の磁気ヘッドの上部コアの形と一致する。この形においては、磁気的ギャップの断面に露出する第2の磁性膜パターン32と第3の磁性膜パターン33の面積は、同じく露出する第4の磁性膜パターン27の面積に比べ狭くなることは明白である。

【0086】この構造は、一般的な媒体を用いた場合、良好な記録動作を実現することができた。しかし、保磁力が特に小さい媒体には、不向きであることが分かった。原因は、図に示す領域51からの磁界により記録動作が行われてしまうためである(第4の磁性膜パターン27から第1の磁性膜パターン25へ漏洩する微弱磁界によって書き込みが起こる)。図(a)から明らかなように、第4の磁性膜パターン27の幅は(媒体面に接近する断面から見て)、広いため、書き込み動作が起こると隣接する情報を消失させることとなる。

【0087】そこで本発明では、図(b)に示すように第4の磁性膜パターン27の形状に変更を加えた。具体的には、摺動面に接近する側の端部に曲率をもたせることで摺動面に第4の磁性膜パターンのエッジ(角)が現れないようにした。エッジは、磁荷が集中しやすく、必然的にここからの漏洩磁界は強くなる。図に示すように第4の磁性膜パターン27に曲率をもたせれば、磁荷の集中ではなく、上記で問題となつた隣接トラックへの書き込み誤動作は起きない。この場合、摺動面から見て第4の磁性膜パターン27の面積は第2および第3の磁性膜パターンの面積に比べ狭くすることもできる。また、図(c)に示すように第4の磁性膜パターン27の端部をαだけ摺動面から後退させることで、摺動面に露出させ

ない形状においても同様の効果が得られた。これは、媒体面に対して第4の磁性膜パターンのエッジが遠くなることにより書き込み動作が行われなくなるためと理解できる。

【0088】以上の実施例は第4の磁性膜パターンについてのみ行ったが、第1の磁性膜パターンについても、変更は可能であることは言うまでもない。しかし、第4の磁性膜パターンをあえて変更しなくとも、第4の磁性膜パターンの形状を変更することで対向磁極間距離（図(a)に示した領域51における磁極間距離）を広げることができ、この効果から隣接トラックに漏洩磁界が影響しなくなる。

【0089】次に、図3を用いて第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンに接する単一構造からなる非磁性膜を設けた（本発明の）磁気ヘッドを作製する方法について述べる。図に沿って順に工程を述べる。

【0090】図(a)は、下地構造の上に下部コアを構成する第1の磁性層25を積層した後、第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンの形状を決めるフレームパターン71-1を形成した状態を示す。この際、バックコンタクトパターンを同時に形成するためには、フレーム71-2を形成する。これらフレームパターン71-1、71-2は、レジスト等の高分子樹脂ないしは酸化珪素等である。フレームパターンの断面は垂直であり、かつ微細である必要がある。この理由から一旦、薄膜のレジストパターンを形成し、それを無機物の膜膜に転写した後、同薄膜パターンをマスクにして下地層の高分子樹脂等をエッチングする。このエッチングには、酸素、フッ素ガス等を用いた異方性エッチングが適する（半導体素子作製に用いられる多層プロセスが適する）。

【0091】この後、(b)に示すように第2の磁性膜、記録ギャップを形成する非磁性の導電性膜（具体的にはCu、Ta等）、第3の磁性膜を積層する。この成膜には電解めっき法（あるいは無電解めっき法）を用いる。この後、フレーム71-1、71-2を少なくともカバーする領域にレジストパターン72-1、72-2を重ねる。

【0092】上記パターンを形成した後、レジストパターンによってカバーされない領域をウエット法にて除去する。しかし後、(c)に示すようにフレームおよびレジストパターンを除去することで、第2の磁性膜パターン32、磁気的ギャップ10、第3の磁性膜パターン33および磁路材41、42、磁気的ギャップ40を形成できる。

【0093】ここで、上記第2の磁性膜パターンと第3の磁性膜パターンの2次元的形状は等しくなる。この際、パターン形成が一度で済むため、効率が良い。

【0094】この後、(d)に示すようにアルミナ膜等から構成される絶縁層31を第1の磁性膜パターンの全

域を被って被着した。その後、第3の磁性膜パターン33と磁路材42（バックコンタクト）の表面を露出させた。この処理には、表面を機械的に研磨する方法や半導体素子等の作製に使われる平坦化プロセス（樹脂を厚く塗布し、段差を平滑化する）。その後、平滑面を維持しながら乾式エッチング法にて所望の厚みまでエッチングを進行させる。樹脂と突起部のエッチングスピードを1:1に保つことで平滑面上に突起部の一部を露出させる方法）を用いた。いずれも、単一の工程で絶縁層の選択的な除去ができるため、生産性に優れ、かつ製造装置のコストを低くすることができる。

【0095】この後、(e)に示すようにコイル26を形成した後、絶縁層38を形成した。絶縁層38は、第3の磁性膜パターンに向かってテープを有する。また、バックコンタクト部（磁路材42の表面を露出させるため）及びコイル26と電極とのコンタクト部に開口部34を形成した。

【0096】この後、第4の磁性膜パターン27を形成した。形成にはイオンミリング法ないしはリフトオフ法を用いた。

【0097】この後、コンタクトホール34に電極をつなぐことで磁気ヘッドの主要部（書き込み部のみ）の製造を終了した。

【0098】以上述べた工程により、図1に示した磁極構造を形成できる。同磁気ヘッドをアルミナとチタンカーバイドとの焼結体を機械加工したウェハ上に形成することで磁気ヘッドスライダーを製造した。

【0099】なお、(c)の構造は、第3の磁性膜パターンを電解めっき法にて形成した後、同パターンをマスクにエッチングしても形成は可能である。このエッチングにはイオンミリング法が適す。また、この方法にて磁気ギャップと第2の磁性膜パターンを形成するためには、あらかじめ、第3の磁性膜パターン下に、アルミナ膜等の絶縁膜（記録ギャップを構成する）と磁性膜を積層しておく必要があることは言うまでもない。また、この磁性膜が、更に下に位置する第1の磁性膜パターンと同じ材料であっても支障はない。これは、第3の磁性膜パターンが第2の磁性膜パターンに対して流出端側に位置することが条件である。

【0100】上記工程から形成した本発明の磁気ヘッドを図13に示すようにサスペンション部材7に取付けた。サスペンション部材7の先端に取付けられた磁気ヘッド2を記録媒体11上の任意の場所に位置決めするため、ロータリアクチュエータ3を用いた。ロータリアクチュエータ3とサスペンション部材7を結合するために用いた。このアーム4の存在は、2.5インチ以下の記録装置では不要となる。

【0101】上記構造の磁気ヘッドを搭載した磁気記録装置は、指動面側に高硬度のアルミナ膜等が露出するため、極めて信頼性の高い装置となる。また、磁気ヘッド

を構成する書き込み部のトラック幅（磁極幅）は、第3の磁性膜パターン幅で決まり、同パターンは電解めっき法による形成が可能であるため、1 μm以下の狭トラック対応の磁気記録装置を容易に製造できる。

【0102】また、第1の磁性膜パターンおよび第4の磁性膜パターンに比抵抗の高い材料を適用することで150 MHz以上の周波数で駆動する磁気ヘッドを実現できる。以上の効果から、従来不可能と考えられていた高速かつ、高密度（10 Gb/in<sup>2</sup>以上）の磁気記録装置を実現出来る。これは、絶縁膜構造の最適化と磁性膜パターンの最適化等によって成された成果である。この特徴を有する本発明の磁気記録装置（磁気ヘッド）は、複雑な製造手段が不要であり、安価に製造することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の磁気ヘッドを示す概念図。

【図2】従来技術による磁気ヘッドを示す概念図。

【図3】本発明の磁気ヘッドの製造方法を示す工程図。

【図4】本発明の一部を構成する磁性膜パターンの形状を示す図。

【図5】第1及び第4の磁性膜パターンの比抵抗を変化させた場合の周波数特性図。

【図6】コア部分の比抵抗と駆動周波数の上限との関係を示す線図。

【図7】本発明の磁気ヘッドの断面構造図。

10

20

\* 【図8】磁極条件と磁界強度の関係及び磁界勾配の関係を示す図。

【図9】第3の磁性膜パターンの体積と周波数特性の関係を示す線図。

【図10】第3の磁性膜パターンの体積と書き込み可能な周波数の上限との関係を示す線図。

【図11】従来構造の磁気ヘッド（その1）を示す概念図。

【図12】従来構造の磁気ヘッド（その2）を示す概念図。

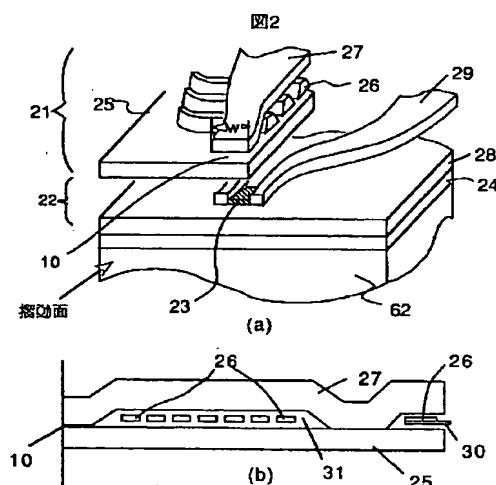
【図13】本発明の磁気記録装置を示す概念図。

【符号の説明】

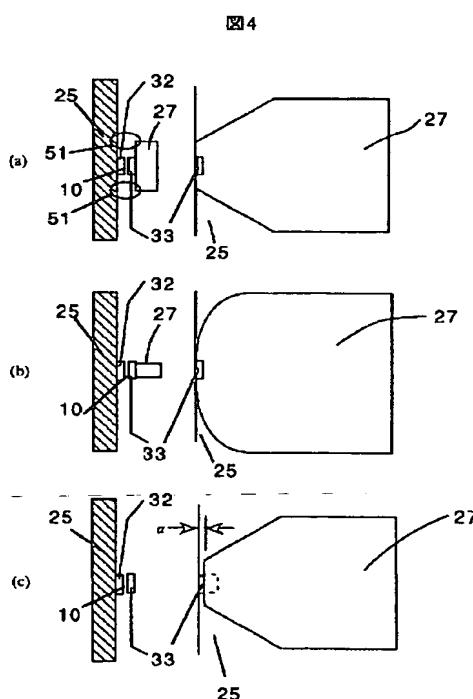
2…磁気ヘッド、3…ロータリアクチュエータ、4…アーム、7…サスペンション、21…記録部（書き込み部）、22…読み出し部（再生部）26…コイル、23…磁気抵抗効果素子、27…第4の磁性膜パターンないしは上部磁極、25…第1の磁性膜パターンないしは下部磁極（シールド層兼用）、28…シールド層、24…下地層、29、30…電極、10…磁気ギャップ（記録ギャップ）、32…第2の磁性膜パターン、33…第3の磁性膜パターン、41、42…磁路材、38…絶縁層、71…フレームパターン、72…レジストパターン、31…非磁性絶縁膜、51…漏洩磁界発生領域、62…磁気ヘッドライダー本体。

\*

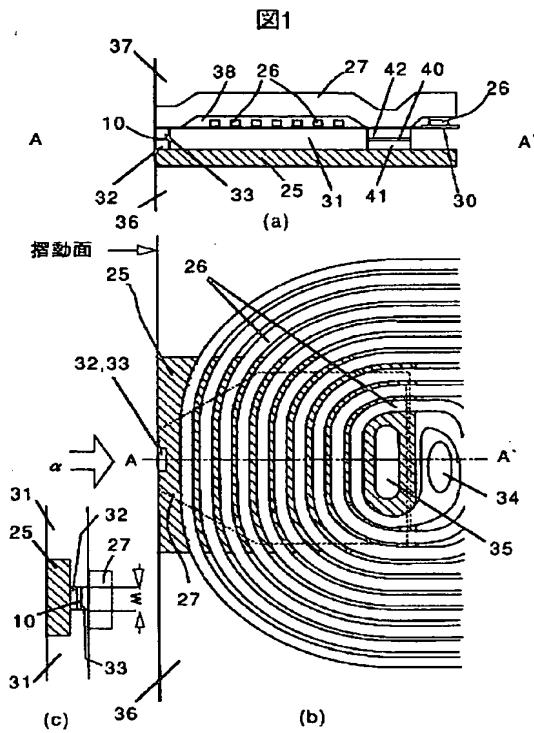
【図2】



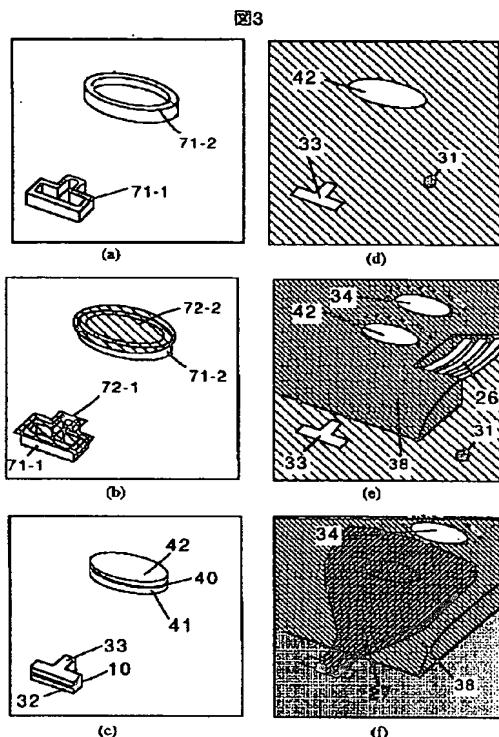
【図4】



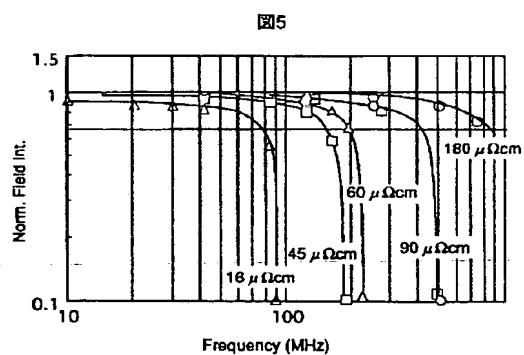
【図1】



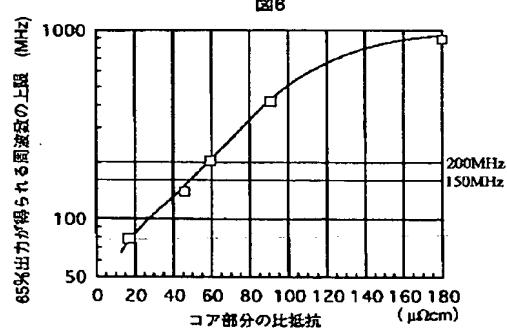
【図3】



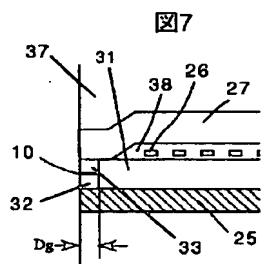
【図5】



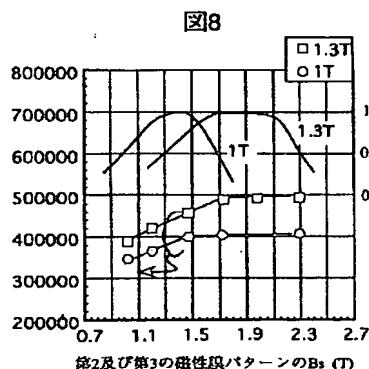
【図6】



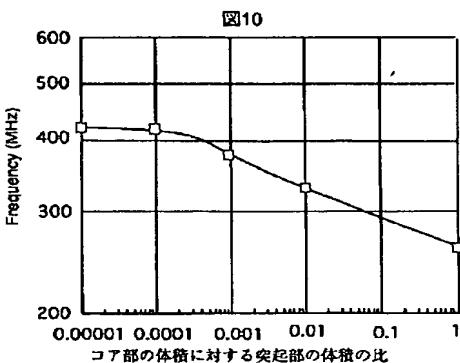
【図7】



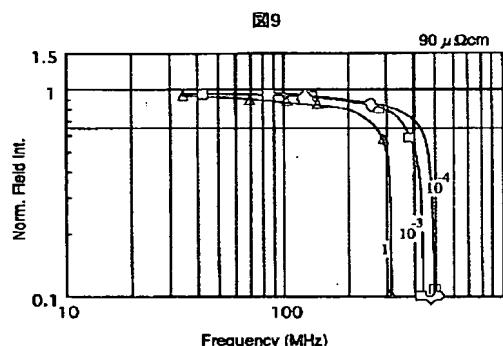
【図8】



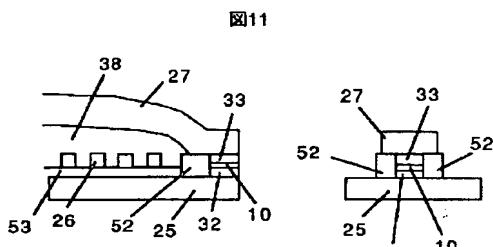
【図10】



【図9】

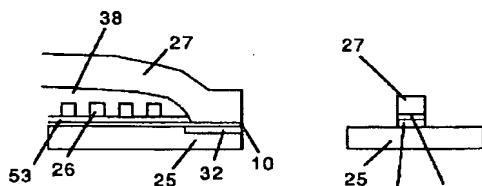


【図11】



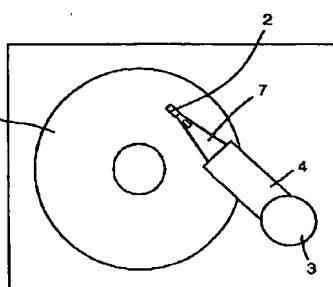
【図12】

図12



【図13】

図 13



フロントページの続き

(72)発明者 府山 盛明

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 小室 又洋

東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 岡田 智弘  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内

(72)発明者 高野 公史  
東京都国分寺市東恋ヶ窪一丁目280番地  
株式会社日立製作所中央研究所内